

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



**ANÁLISE DE VOCALIZAÇÕES DE GOLFINHOS
ROAZES (*TURSIOPS TRUNCATUS*): O PAPEL DOS
ASSOBIOS, SUA VARIABILIDADE E PADRÕES DE
OCORRÊNCIA**

Ana Sofia Lourenço Rodrigues Borges

DISSERTAÇÃO

MESTRADO EM ECOLOGIA MARINHA

2013

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA ANIMAL



**ANÁLISE DE VOCALIZAÇÕES DE GOLFINHOS
ROAZES (*TURSIOPS TRUNCATUS*): O PAPEL DOS
ASSOBIOS, SUA VARIABILIDADE E PADRÕES DE
OCORRÊNCIA**

Ana Sofia Lourenço Rodrigues Borges

Dissertação orientada por:

Professor Doutor Manuel Eduardo dos Santos

Professor Doutor Carlos Assis

MESTRADO EM ECOLOGIA MARINHA

2013

"Sei que o meu trabalho é uma gota no oceano.

Mas sem ele, o oceano seria menor."

Madre Teresa de Calcutá

AGRADECIMENTOS

Expresso os meus sinceros agradecimentos a todos os que me ajudaram e que contribuíram, de algum modo, para o desenvolvimento deste projecto.

Em primeiro lugar, ao meu orientador Professor Manuel Eduardo dos Santos, pela disponibilidade com que me integrou na sua equipa de trabalho, por confiar em mim e por acreditar nas minhas capacidades antes mesmo de eu as reconhecer. Obrigada por me proporcionar o estágio e a tese que queria fazer. Levo conhecimentos de acústica e de comportamento de cetáceos na bagagem, mas também uma nova perspectiva da vida, a vários níveis, assim como um novo eu, direi mesmo. Estou-lhe muito grata.

Ao meu co-orientador Professor Carlos Assis, por ter aceite a orientação deste estágio com tanta prontidão. Obrigada pela sua simpatia e disponibilidade constantes, e por todo o apoio e ajuda prestados na altura necessária.

A todas as pessoas do Zoomarine envolvidas no meu estágio. Um agradecimento muito especial ao Dr. Miguel Silveira e ao Dr. Élio Vicente por acreditarem em mim e por terem permitido a realização deste projecto (e deste sonho!). Obrigada pela confiança depositada e pelo apoio indispensável.

À Dra. Márcia Neto, o meu maior agradecimento pela sua paciência e ajuda. Obrigada pelas informações imprescindíveis sobre os golfinhos, as suas rotinas, as suas disponibilidades, e pelo incansável apoio neste projecto.

A toda a equipa responsável pela “Lagoa Azul” e pelo “Delfinário”. Sem a sua competência, apoio e conhecimentos preciosos sobre todos os animais, teria sido impossível realizar o estágio de forma tão rápida e bem-sucedida. Obrigada chefe de equipa Elsa por toda a ajuda no planeamento das sessões de amostragem, e obrigada aos treinadores: Daniel, Rodolfo, Sandra, Sara, Vanessa, Viegas e, especialmente, à Celine. Obrigada por me terem feito sentir tão bem-vinda!

À Ana Marta, pelo apoio administrativo dentro do Zoomarine, e pelo sorriso gigantesco com que me recebeu todos os dias. Obrigada pela ajuda e força durante o estágio.

A toda a equipa do Projecto Delfim, companheiros nas saídas de campo no Sado e também no 300. Obrigada por me acolherem no vosso mundo fantástico dos golfinhos, pelos vossos ensinamentos e pela paixão com que trabalham, que é certamente uma inspiração para mim. Obrigado Ana, Caricas, Cecília, Érica, Miguel, Rita, Paty e Vera, e, também à Mafalda, por todo o apoio e boa disposição essenciais.

À Ana e à Caricas, pela amizade, boa disposição e companhia. Pelas ajudas e conselhos, e acima de tudo, visto estarmos todas na mesma situação, pelo apoio e pela força. Obrigada pelas gargalhadas e troca de desabafos, meninas!

Um agradecimento especial à Paty, um poço de disponibilidade e ajuda infindáveis. Obrigada por todo o apoio, e por todos os conselhos fundamentais no delineamento do meu projecto e no decorrer do estágio. Obrigada pela troca de mails extensa, e pela paciência para ler tantas dúvidas no meio de vários testamentos. Agradeço-te ainda a amizade e as palavras de força tão importantes, principalmente em dias menos bons!

Um agradecimento especial à Rita, tantas vezes interrompida a meio do trabalho para me ajudar com dúvidas sobre acústica, e sobre tudo! Obrigada pela transmissão de conhecimentos, pelas horas disponibilizadas a ver sonogramas, e, principalmente, pela gigante ajuda no tratamento estatístico dos dados. Agradeço-te a disponibilidade, a amizade e o apoio!

A todos os meus amigos. Obrigada por casa riso, cada ombro, cada suspiro, cada palavra e gesto de força. Estão todos no meu coração.

À Susana, por ter sido a primeira pessoa a falar-me de bioacústica, e por me ter encorajado a seguir o meu sonho de trabalhar com cetáceos. Não esqueço aquela viagem de autocarro.

Ao bandão divino, as melhores pessoas que conheci durante a licenciatura: Alínea, Carlona, Catião, Joja, Juzone, Queque, Pão, e também à Isa e à Ju Romã. Obrigada pela galhofa e pelos momentos em que tudo parava e podia descomprimir. Foram poucos mas inesquecíveis. Obrigada pela vossa amizade e apoio, tão importantes para mim, e por aturarem as minhas sessões de mau-humor nos últimos meses.

Às minhas amigas Patrícia e Vanessa, as melhores pessoas que conheci durante o mestrado. Agradeço a vossa amizade, boa disposição e força constantes. Obrigada pelas risadas e por tornarem esta travessia tão mais simples!

Aos meus eternos amigos: Fil, Gustavo e Jo. Obrigada por estarem sempre lá, mesmo que não nos encontremos tanto como queremos.

Às melhores amigas que me apoiaram do princípio ao fim: Carol, Gabi e Jujui. Obrigada pela amizade de 20 anos. Por todas as horas juntas passadas na biblioteca a trabalhar, pelos cafés e saídas que me reencheram de força, pelo vosso bom-humor intrínseco, pelos ombros em momentos de choro, de desabafos e de desespero. Obrigada por estarem sempre do meu lado e me inspirarem, cada uma de vós, com a vossa garra, trabalho e paixão com que se dedicam à vida. Obrigada por tudo.

À minha família, as pessoas mais importantes da minha vida, obrigada por acreditarem sempre em mim. Obrigada, em especial, aos meus pais. Sem vocês nada disto teria sido possível. Agradeço a confiança, o apoio e o amor incondicional. Obrigada por ouvirem as minhas reclamações e frustrações, sem deixarem de me apoiar. Por serem a base de sustentação incontestável nesta minha caminhada, e principalmente, por nunca duvidarem de mim e me terem ensinado a lutar pelos meus sonhos. Obrigada por tudo! E obrigada à minha maninha Pat. A tua (falta de) paciência e humor característicos são uma fonte de energia e de momentos inesquecíveis só nossos. Obrigada por todos os abraços e pelo orgulho que tens em mim. Espero ser um modelo para ti, meu tesouro!

Por fim, ao meu Benny, meu namorado, companheiro, melhor amigo. Não existem palavras suficientes capazes de descrever o quão agradecida estou. Caminhaste ao meu lado e foste o meu escudo ao enfrentar todas as dificuldades que se iam atravessando no meu caminho. Obrigada por teres permanecido junto a mim, mesmo quando travavas as tuas próprias batalhas e conquistas. Obrigada por cada abraço, cada palavra, cada gesto, convertidos em motivação, força e energia. Obrigada por saberes dar-me o meu espaço e tempo, sacrificando tantos momentos em que poderíamos estar juntos, mas sem nunca deixares de estar a meu lado. Por teres ouvido tanto, tanta vez, por me teres secado tantas lágrimas, e por me teres amado sempre e acreditado em mim. Obrigada por tudo, amor da minha vida, mas principalmente, obrigada por seres a minha maior fonte de inspiração, e por me tornares um pessoa melhor e mais forte, a cada dia que passa. Espero que te orgulhes de mim.

RESUMO

Os golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*), tal como outros delfínídeos, produzem uma série de vocalizações subaquáticas incluindo sons pulsados (trens de cliques de ecolocalização e outros tipos) e não pulsados (assobios de frequência modulada com função comunicativa). Este estudo examinou emissões de oito golfinhos-roazes no Zoomarine (Algarve) em isolamento e em várias situações sociais, tendo sido adoptada uma estratégia não intrusiva.

Um total de 19475 vocalizações foi extraído de 31 amostragens de 15 min, e 1185 assobios com uma boa razão sinal-ruído foram analisados. A sua duração média foi inferior a 1 s e valores médios de frequência da formante fundamental encontraram-se entre os 3,9 kHz e os 9,7 kHz. Constatou-se a existência de uma correlação muito forte entre a frequência inicial e a frequência mínima, e de uma tendência para perfis de modulação de frequência crescentes. A análise de parâmetros acústicos revelou valores de pico de frequência mais elevados para assobios emitidos durante aproximações ao hidrofone e em repouso.

Através da inspecção visual de sonogramas, 885 assobios estereotipados foram classificados em 24 categorias de perfis de modulação de frequência. Duas foram exclusivas da díade mãe-cria, e doze foram comuns a todos os animais. Nas amostragens com indivíduos isolados, 421 assobios de 22 categorias foram associados a emissores prováveis. Assobios emitidos pelos machos apresentaram valores superiores de frequência máxima, amplitude de frequências, duração e número de *loops*. Indivíduos sub-adultos emitiram duas vezes mais assobios que os adultos. Das vinte e duas categorias atribuídas aos emissores prováveis, seis foram emitidas por todos os indivíduos e as restantes foram emitidas por alguns deles, em proporções variáveis. Estes perfis estereotipados foram claramente independentes do comportamento, e são compatíveis, em termos gerais, com o paradigma do assobio-assinatura. Não se verificou a existência de relação entre as taxas de emissão das vocalizações e o horário da amostragem.

Palavras-chave: assobios, *Tursiops truncatus*, meio artificial, comportamento.

ABSTRACT

Common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*), as other delphinids, produce a range of underwater vocalizations, both pulsed (echolocation click trains and various other signal types) and unpulsed (frequency-modulated communication whistles). This study examined the emissions from eight captive bottlenose dolphins at Zoomarine (Algarve, Portugal), which were sampled non-intrusively in isolation and in various social situations.

A total of 19475 vocalizations was extracted from 31 samples of 15-min duration, and 1185 whistles with good signal-to-noise ratio were analyzed. Their mean duration was just below 1 s and mean frequency range of the fundamental formant was between 3.9 and 9.7 kHz. A strong positive correlation was found between initial frequency and minimum frequency, and there was a clear tendency for increasing frequency modulation contours. Analysis of acoustic parameters showed significantly higher peak frequency values for whistles emitted during exploratory approaches to the hydrophone and during rest.

Through visual inspection of sonograms, 885 stereotyped whistles were classified in 24 categories of frequency modulation contours. Two were exclusive to the mother-calf dyad, and twelve were common to all animals. In the recording sessions of segregated individuals it was possible to identify a most-likely emitter for 421 whistles of 22 categories. The whistles attributed to males present higher values of maximum frequency, frequency range, duration and number of loops. Sub-adults emitted more than twice the number of whistles as the adults. Segregated animals also emitted significantly more whistles than those in social groups. Of the twenty-two contour categories assigned to a most-likely emitter, six were produced by all individuals and the remainders were emitted by a few of the animals in variable proportions. These whistle-type emissions were clearly independent from on-going activity, and they appear generally compatible with the signature-whistle paradigm. No relation was found between the emission rates (of all vocalizations) and the sampling times.

Keywords: whistles, *Tursiops truncatus*, captive, behavior.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Caracterização da espécie <i>Tursiops truncatus</i>	1
1.2 Comportamento e estrutura social	3
1.3 Comunicação acústica	4
1.4 Repertório acústico	7
1.5 Assobios: função comunicativa e hipótese do assobio-assinatura	8
2. OBJECTIVOS	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Local e animais estudados	13
3.2 Recolha de dados	15
3.2.1 Materiais	15
3.2.2 Métodos de amostragem	16
3.2.2.1 Procedimento específico para a “Lagoa Azul”	17
3.2.2.2 Procedimento específico para o “Delfinário”	18
3.3 Análise de dados	19
3.3.1 Análise dos registos acústicos	19
3.3.2 Análise estatística	22

4. RESULTADOS	25
4.1 Análise dos registos comportamentais	25
4.2 Análise dos registos acústicos	25
4.2.1 Caracterização do repertório vocal	26
4.2.2 Análise dos assobios	31
4.2.2.1 Caracterização acústica dos assobios	31
4.2.2.2 Categorização dos perfis de modulação de frequência dos assobios emitidos pelos indivíduos da “Lagoa Azul”	33
4.2.2.3 Associação entre categorias de perfis de modulação de frequência e emissores prováveis da “Lagoa Azul”	40
4.2.2.4 Análise dos padrões de ocorrência e variações nos parâmetros acústicos dos assobios emitidos pelos animais da “Lagoa Azul” em função do contexto comportamental	42
4.2.2.5 Análise das taxas de emissão e variações nos parâmetros acústicos dos assobios em função das classes de sexo e idade dos emissores prováveis da “Lagoa Azul”	43
4.2.2.6 Comparação das taxas de emissão dos assobios de indivíduos isolados e de indivíduos agrupados na “Lagoa Azul”	45
4.2.2.7 Categorização dos perfis de modulação de frequência dos assobios emitidos pelos indivíduos do “Delfinário”	46
4.2.2.8 Comparação das taxas de emissão das várias vocalizações emitidas pelos indivíduos do “Delfinário” em horários distintos	51
5. DISCUSSÃO	53
5.1 Aspectos comportamentais e repertório vocal	53
5.2 Parâmetros dos assobios e categorização de perfis de modulação de frequência	55

5.3 Hipótese do assobio-assinatura	56
5.4 Padrões de emissão dos assobios e restantes vocalizações	57
5.5 Considerações finais	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

ANEXO I

1. INTRODUÇÃO

1.1 Caracterização da espécie *Tursiops truncatus*

O golfinho-roaz *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821) é um cetáceo odontoceto pertencente à família Delphinidae (Figura 1). Com uma ampla distribuição geográfica, esta espécie pode ser encontrada tanto em águas temperadas como tropicais, sendo tão comum em zonas pelágicas e profundas como em áreas costeiras (Caldwell & Caldwell, 1972; Reynolds III *et al.*, 2000).



Figura 1. – Golfinho-roaz (*Tursiops truncatus*) correspondente ao ecótipo Atlântico-oriental costeiro no estuário do Sado.

Este delfínídeo possui um corpo fusiforme, robusto e hidrodinâmico revestido por um tegumento que lhe confere flutuabilidade, protecção isolante e a formação de estruturas propulsoras que lhe permitem alcançar velocidades máximas de 8 m/s (Reynolds III *et al.*, 2000). Apresenta ainda características específicas e distintas como um rostro relativamente curto, uma fronte bem demarcada, uma barbatana dorsal alta e duas barbatanas peitorais moderadamente longas (Wells & Scott, 1999). A forma e curvatura da barbatana dorsal, bem como cortes ou marcas características existentes, permitem reconhecer individualmente cada animal (Connor *et al.*, 2000).

Consoante a localização geográfica, as suas dimensões variam entre os 2 m e os 4 m de comprimento e os 275 kg a 600 kg de peso (dos Santos, 1998; Wells & Scott, 1999) (Figura 2). A coloração do corpo pode variar entre o cinzento-cinza e o cinzento-carvão na região dorsal, e o branco e o rosa-claro na região ventral, sendo os juvenis habitualmente mais claros que os adultos (Connor *et al.*, 2000; Leatherwood & Reeves, 1983; Wells & Scott, 1999). O dimorfismo sexual é pouco evidente, caracterizando-se por uma ligeira distinção no tamanho e peso corporais, no qual os machos são habitualmente maiores e mais pesados.

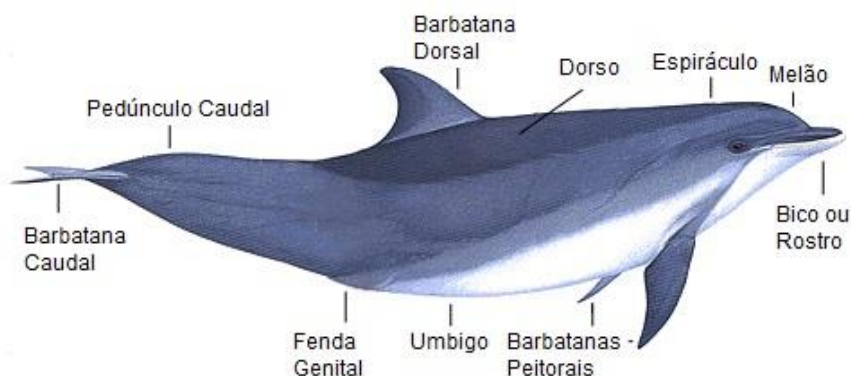


Figura 2. – Morfologia do golfinho-roaz.¹

O tempo médio de vida desta espécie é relativamente longo, sendo que os machos poderão atingir os 40 anos de idade e as fêmeas até mais de 50, em habitat natural (Wells & Scott, 1999). A idade com que atingem a maturidade sexual é também variável com o género: as fêmeas atingem-na mais cedo, entre os 5 e os 13 anos, enquanto os machos apenas entre os 8 e os 13 anos (Sergeant *et al.*, 1973; Wells *et al.*, 1987). Com um período de gestação de cerca de 12 meses, as fêmeas parem uma única cria, geralmente com um comprimento de 90 cm a 130 cm e cerca de 20 kg a 30 kg de peso (Leatherwood & Reeves, 1983). O período de aleitamento é cerca de 18 meses (dos Santos, 1998), mas a cria permanece, habitualmente, junto da mãe até ao nascimento de uma nova cria. Os intervalos entre nascimentos variam entre os 2 e os 4 anos, e uma fêmea pode dar à luz cerca de 6 a 8 crias durante toda a sua vida (Wells & Scott, 1999). A sazonalidade da reprodução destes animais é pouco conhecida, podendo ocorrer durante todo ano, como é exemplo a população de

¹ http://www.tmmsn.org/education/dolphin_anatomy.htm

Sarasota Bay na Flórida, E.U.A., ou em picos sazonais, em que a maior parte dos nascimentos acontece nos meses mais quentes do ano (Wells & Scott, 1999).

Os golfinhos-roazes são predadores oportunistas cuja alimentação varia com a disponibilidade e abundância oferecida pelo habitat. Adaptadas ao tipo e número de presas, utilizam várias estratégias de predação e captura de alimento, que realizam tanto individualmente como em grupo (dos Santos *et al.*, 2007). A sua dieta é composta por uma vasta variedade de peixes pelágicos e bentónicos, cefalópodes e crustáceos, e o seu consumo diário atinge os 12kg de alimento (Shane, 1990).

1.2 Comportamento e estrutura social

O repertório comportamental descrito para esta espécie (Weaver, 1987; Müller *et al.*, 1998) caracteriza-se pela sua complexidade e flexibilidade, baseado na aprendizagem e na interacção social. Dele fazem parte uma série de comportamentos aéreos e de percussão que são a base da classificação dos vários comportamentos. A categorização em conjuntos ou padrões de actividade é normalmente utilizada nos estudos comportamentais de golfinhos-roazes, sendo os padrões mais referenciados: a Deslocação, o Repouso, a Alimentação e a Socialização (Shane, 1990; Hanson & Defran, 1993; dos Santos, 1998; Lusseau, 2006; Miller *et al.* 2010). Em cativeiro, devido ao constrangimento espacial, são observados padrões de comportamentos estereotipados e repetidos, como são exemplo as deslocações em círculo em que os animais percorrem todo o limite do tanque (Greenwood, 1977).

Relativamente à estrutura social, esta é uma espécie que tende a organizar-se de forma complexa e dinâmica em populações de 1 a 100 indivíduos. Geralmente, as sociedades que habitam zonas costeiras são compostas por grupos mais pequenos, de cerca 3 a 15 animais, por oposição às que vivem em mar aberto (Shane *et al.*, 1986; Scott & Chivers, 1990). O padrão de fusão-fissão é característico em qualquer comunidade de golfinhos-roazes, sendo que os indivíduos se associam em sub-grupos por determinado período de tempo (Connor *et al.*, 2000). O tamanho e composição destas associações estão dependentes de influências ecológicas e de contextos sociais, e são condicionados por factores como o sexo, a idade, as relações de parentesco e o estado reprodutivo dos indivíduos. As fêmeas encontram-se

habitualmente agrupadas de acordo com a sua condição reprodutiva, e as crias associam-se às progenitoras até ao nascimento de uma nova cria (dos Santos, 1998; Wells & Scott, 1999). Os machos agrupam-se em trios ou pares da mesma faixa etária, formando alianças estáveis que chegam a durar mais de uma década, e que têm como base estratégias de acasalamento, defesa contra predadores e procura de recursos. A frequência e a natureza das associações entre machos e fêmeas dependem principalmente do estado reprodutivo da fêmea, estabelecendo-se relações mais fortes durante as épocas de acasalamento (Connor *et al.*, 2000). Formam-se também relações hierárquicas de dominância, baseadas no tamanho dos indivíduos mas independentes do sexo, que são mantidas através de interações agonísticas (dos Santos, 1998; Wells & Scott, 1999).

1.3 Comunicação acústica

Os golfinhos-roazes, bem como outras espécies de cetáceos, demonstram um grande desenvolvimento ao nível das suas capacidades cognitivas, aprendizagem e sistema acústico adaptados ao ambiente subaquático e de elevada complexidade. Com efeito, dadas as condições ambientais e a velocidade de propagação do som dentro de água (cerca de 4,4 vezes mais rápida do que no meio aéreo), a comunicação acústica torna-se a opção mais eficiente em termos de consumo energético e de transmissão de informação (Tyack, 2000). Apesar da utilização recorrente de outros canais sensoriais como a visão e o tacto, a audição torna-se vital para a percepção e interacção com o meio ambiente, incluindo a navegação, a comunicação e a detecção de presas e predadores (Au, 1993). Sem pavilhão auditivo e o canal auditivo externo ocluso e inutilizado, estes animais recorrem a outras estruturas cranianas para captar o som (Au, 1993). O ouvido médio e o ouvido interno pertencem a uma estrutura óssea denominada bula timpânica, que se encontra acusticamente isolada uma vez que a ligação ao crânio é feita através de ligamentos e não por tecido ósseo (Reynolds III *et al.*, 2000) (Figura 3). Para além disso, possuem também alterações ao nível do ouvido médio que apresenta mucosas mais densas favoráveis aos mergulhos rápidos e profundos (Ketten, 1998). A recepção do som dá-se, assim, através do canal mandibular, que se encontra preenchido por um tecido rico em substâncias lipídicas (Norris, 1968; Ketten, 1992). Através desta estrutura, as

ondas sonoras atingem o canal intra-mandibular (janela acústica), seguindo posteriormente para o ouvido médio e o ouvido interno. O ouvido médio actua como dispositivo de impedância acústica, anulando a perda de transmissão das ondas sonoras entre a água circundante e o fluido contido no ouvido interno (Hemila *et al.*, 1999; Nummela *et al.*, 1999). O ouvido interno converte a energia sonora em impulsos nervosos que são depois transmitidos ao encéfalo através do oitavo par de nervos cranianos (nervo acústico ou vestibulococlear) (Reynolds III *et al.*, 2000). Dentro do ouvido interno, a cóclea, composta pela membrana basilar e por células ciliadas associadas, os neuromastos, garante a distinção entre as frequências captadas. No interior da cóclea e longe da janela oval, a membrana basilar é mais espessa e mole, vibrando a baixas frequências. Já na proximidade da janela oval, a membrana é estreita e dura, sendo mais sensível a frequências mais altas (Ketten, 1998).

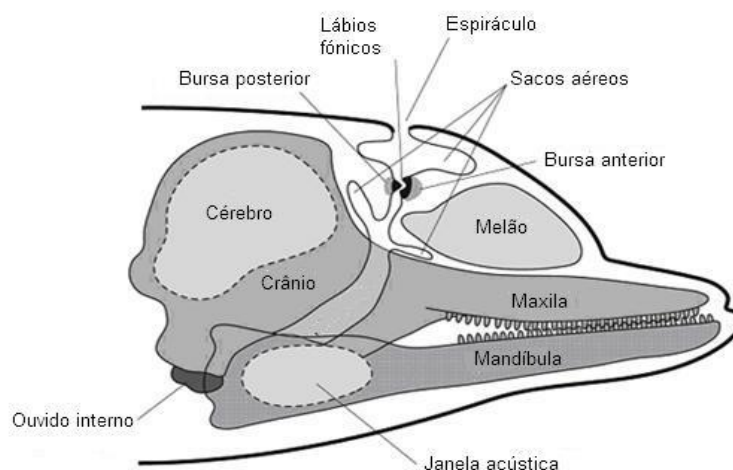


Figura 3. – Anatomia interna da cabeça do golfinho-roaz, evidenciando estruturas envolvidas na produção e recepção de sinais acústicos.²

A produção de vocalizações por parte destes animais envolve a passagem de ar sob pressão por membranas que vibram dentro dos seus corpos. No entanto, dada a diferença de densidade entre o ar e a água e a necessidade de mergulhar, os golfinhos-roazes não possuem cordas vocais nem requerem a abertura da boca para emitir e propagar sons (Tyack, 2000). Em vez disso, o processo de vocalização ocorre dentro do crânio, na região nasal, através da passagem forçada de ar entre os vários sacos nasais, que provoca a vibração de uma estrutura denominada *museau de singe* ou lábios fónicos (Cranford *et al.*, 1996) (Figura 3). Segundo Dormer (1979) e Cranford *et al.* (1996), estes animais possuem dois sistemas de sacos nasais independentes

² <http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/education/images/intermediate/porpoise-marsouin/dolphinshead.gif>

que correspondem a dois geradores de sons distintos. Desta forma, é possível ocorrer a produção simultânea de dois tipos de vocalizações diferentes, o que poderá resultar na emissão de sons com funções desiguais: a comunicação e a orientação. Recentemente, Madsen *et al.* (2013) demonstraram que os cliques de ecolocalização são produzidos pelo par direito de lábios fónicos, e que os assobios são produzidos pelo par esquerdo, maioritariamente. Após a sua emissão, os sinais sonoros são focalizados através do melão (lente acústica), situado na frente da cabeça, e são depois propagados através da água (dos Santos, 1998).

Todos os odontocetos possuem capacidades auditivas especializadas na captação de frequências bem mais elevadas que as discriminadas pelo ouvido humano (entre os 20 kHz e os 70 kHz) (McCormick *et al.*, 1970; Au, 1993). O golfinho-roaz tem capacidade para captar sons dentro de uma larga gama de frequências, entre os 75 Hz e os 150 kHz, podendo detectar variações de apenas 2% (Johnson, 1967; Thompson & Herman, 1975) (Figura 4). Apresenta, no entanto, maior sensibilidade para as frequências entre os 15 kHz e os 110 kHz, e consegue distinguir sons de frequência modulada de sons de frequência constante, ocorrendo a melhor discriminação sonora entre os 2 kHz e os 55 kHz (Au, 1993). A sua sensibilidade auditiva é máxima para frequências entre os 65 kHz e os 75 kHz, para as quais o limiar de detecção é mais baixo: cerca de 42 dB re 1 μ Pa (Johnson, 1967; Au, 1993). Esta espécie possui ainda a extraordinária capacidade de discriminar estímulos sonoros direccionados, tanto no plano vertical como no plano horizontal (Au & Moore, 1984 *in* Au & Hastings, 2008).

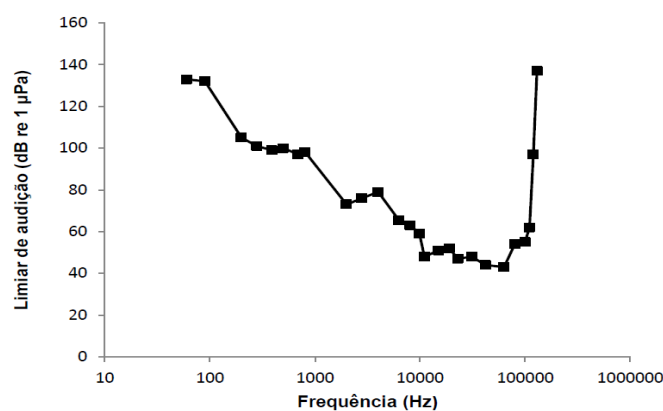


Figura 4. – Curva audiométrica do golfinho-roaz (adaptado de Johnson, 1967).

1.4 Repertório acústico

O repertório acústico dos golfinhos-roazes é bastante diversificado e complexo, não só pela intensidade sonora alcançada mas também pela vasta gama de frequências produzida. Tradicionalmente, agrupam-se as vocalizações em três categorias estruturais (Caldwell *et al.*, 1990): os assobios, sons puros tonais de banda estreita; os estalidos (ou cliques), sons pulsados de banda larga; e outros sons pulsados, mais complexos e variáveis, geralmente compostos por estalidos com uma elevada taxa de repetição (Au, 1993; dos Santos, 1998).

Os assobios são sons puros tonais, não pulsados, que possuem uma forma de onda sinusoidal. A frequência destes sinais pode ser constante ou modulada, isto é, com variações de frequência ao longo do tempo, concentrando-se a sua energia num intervalo entre os 3,5 kHz e os 15 kHz (dos Santos, 1998). Podem, no entanto, ultrapassar os 50 kHz caso apresentem harmónicas, que correspondem a múltiplos inteiros da frequência fundamental do assobio (Lammers *et al.*, 2003). Habitualmente, têm uma duração média inferior a um segundo, podendo estender-se até os três segundos (Au & Hastings, 2008), e a sua pressão acústica pode variar entre os 125 dB e os 173 dB re 1µPa (Richarson *et al.*, 1995). Estes sinais têm sido alvo de numerosos estudos científicos uma vez que são associados a funções comunicativas, por ser notória a abundância da sua produção em contexto social (dos Santos, 1998).

A ecolocalização é o processo sensorial utilizado pelos cetáceos que lhes permite explorar o meio ambiente, discriminando factores como a topografia do local, a disponibilidade, o tipo e a distância de presas, e a presença e distância de predadores (Norris, 1968). Sendo o sistema auditivo destes animais especializado em processar sinais curtos, esta técnica consiste na emissão de estalidos num feixe direccionado e na posterior recepção do eco reflectido por determinado alvo (Tyack, 2000). Os estalidos ou cliques de ecolocalização são sinais pulsados de banda larga entre os 0,1 kHz e os 300 kHz, com duração extremamente curta entre os 50 µs e os 200 µs, e energia superior a 200 dB re 1µPa (Au, 1993). Geralmente, ocorrem em sequências ou trens de cliques que diferem em duração, taxa de repetição e número de estalidos conforme a tarefa a desempenhar (dos Santos, 1998). Por exemplo, se em causa estiver a discriminação detalhada de determinado objecto ou ser vivo, a frequência e o nível de pressão sonora serão mais elevados, fazendo com que o intervalo entre cliques diminua à medida que se aproxima do alvo (dos Santos, 1998).

A categoria que engloba outros sons pulsados corresponde a uma variedade de sons de elevada taxa de repetição mas de aparência tonal, associados à comunicação e à expressão de emoções. Estes sinais apresentam conteúdos espectrais e duração muito variáveis, e são constituídos por impulsos curtos com a maior parte da energia concentrada abaixo dos 16 kHz (dos Santos, 1998). Fazem parte desta categoria: os rangidos (*creaks*), os rangidos graves (*low-creaks*), os gemidos (*moans*), os chorincos (*squawks*), os zumbidos (*buzzes*), os grunhidos (*grunts*), os guinchos (*squeaks*), os zurros e os *bangs* (Caldwell & Caldwell, 1967; dos Santos *et al.*, 1995; dos Santos, 1998).

Para além das vocalizações listadas, o repertório acústico desta espécie é também enriquecido por um conjunto de sons não-vocais provenientes do movimento de várias partes do corpo, do seu contacto com a superfície da água, ou da sua actividade respiratória. Estes comportamentos incluem: saltos; golpes com as barbatanas peitorais ou com a barbatana caudal na superfície da água; golpes de cabeça na superfície da água; bater de maxilares; emissão de bolhas de ar pelo espiráculo e produção de expirações ruidosas (dos Santos, 1998; Herzing, 2000)

1.5 Assobios: função comunicativa e hipótese do assobio-assinatura

O estudo dos assobios dos cetáceos teve início nos anos 50 com as primeiras investigações sobre as emissões acústicas dos golfinhos. O interesse perante este tipo de vocalização surge, em parte, pelo facto de serem emissões com frequências relativamente baixas e audíveis pelos humanos, e também por serem frequentemente emitidas pelo golfinho-roaz, a espécie de cetáceo mais comum em cativeiro e de mais fácil acesso. Apesar de apresentarem uma baixa direcionalidade, os assobios ostentam uma série de parâmetros facilmente variáveis (a frequência, a duração, o número de repetições, a pressão acústica) e são abundantemente emitidos em situações de excitação social (comportamentos sociais, acasalamento, alimentação), levando a que lhes fossem atribuídas funções comunicativas e de expressão de emoções (dos Santos, 1998).

Como referido anteriormente, estes animais vivem numa sociedade complexa de padrão fusão-fissão, na qual a composição dos grupos é variável, mas o

estabelecimento de associações entre determinados indivíduos é muitas vezes estável (Connor *et al.*, 2000). A conservação dessas relações, dentro dum ambiente social constantemente em mudança, requereria um sistema de reconhecimento individual, o que em condições subaquáticas se torna limitado graças à má visibilidade e à reduzida sensibilidade olfactiva (Sayigh *et al.*, 1990). A comunicação acústica adquire assim o papel mais importante na transmissão de informação de identidade e na manutenção da coesão dos grupos (Caldwell *et al.*, 1990; Janik & Slater, 1998). O facto de estes animais produzirem assobios muito estereotipados, ou seja, com o mesmo perfil de modulação de frequência, durante longos períodos de tempo sugere a existência de sinais acústicos como identificadores individuais (Caldwell *et al.*, 1990; Sayigh *et al.*, 1990; dos Santos *et al.*, 2005). Caldwell & Caldwell (1965) foram os primeiros investigadores a propor a hipótese do assobio assinatura, após demonstrarem, num grupo de golfinhos-roazes em cativeiro, que cada indivíduo produzia um assobio distinto com determinado padrão de modulação de frequência. Subsequentemente, outros estudos feitos em cativeiro constataram que os golfinhos recorrem à emissão abundante destes assobios quando separados temporariamente dos seus co-específicos, e que, na maioria dos casos, os assobios assinatura representam 80 % a 100 % de todos os assobios emitidos pelo animal isolado (Caldwell *et al.*, 1990; Janik & Slater, 1998; Sayigh *et al.* 2007; Janik & Sayigh, 2013). Já em estudos realizados com animais selvagens, os resultados revelam uma diminuição na proporção de assobios assinatura face ao total de assobios, cerca de 37 % a 70 % (Buckstaff, 2004; Cook *et al.*, 2004). Segundo Caldwell & Caldwell (1979), as crias desenvolvem os seus assobios assinatura nos primeiros 3 meses de vida, através da aprendizagem vocal. Nas fêmeas, a estabilidade destes sinais é de várias décadas (Sayigh *et al.* 1990), enquanto nos machos poderão sofrer alterações resultantes do estabelecimento de alianças com outros machos, de forma a coincidir com o assobio assinatura do macho aliado (Connor *et al.*, 2000). A hipótese do assobio assinatura permanece, no entanto, um assunto controverso, assim como a detecção e identificação destes sinais. McCowan & Reiss (1995a; 2001) reportaram a ausência de assobios assinatura nos seus estudos em cativeiro, sugerindo, em vez disso, a emissão partilhada de um determinado tipo de assobio predominante, que provavelmente contém variabilidade individual nos parâmetros acústicos desse tipo de assobio.

O estudo dos assobios inclui a sua categorização em diferentes classes através da inspecção visual dos espectrogramas com especial ênfase na forma do contorno do assobio, ou seja, no perfil de modulação de frequência (Janik, 1999).

Apesar das dificuldades na terminologia destes sinais devido à ausência de uma padronização das técnicas de classificação de categorias (Au & Hastings, 2008), Janik (1999) demonstrou a validade do método de inspecção visual, mencionando a concordância existente entre vários observadores na identificação de emissões estereotipadas nos sonogramas. Janik *et al.* (2013) propõem também a utilização do método *SIGnature IDentification* (SIGID) que permite a identificação de assobios-assinatura, através da análise de sequências de assobios pertencentes à mesma categoria de perfil. Este autor demonstra que estes assobios tendem a ocorrer em séries cujo intervalo entre assobios da mesma categoria se encontra entre 1 s e 10 s, pelo menos em 75 % das suas ocorrências. Todos os assobios que não cumpram este critério, sendo emitidos com intervalos mais curtos ou mais longos, não são considerados assobios-assinatura. A extracção de parâmetros acústicos específicos de cada assobio permite a realização de uma análise quantitativa também considerada nos estudos destas vocalizações.

2. OBJECTIVOS

A presente dissertação visa contribuir para o esclarecimento de algumas questões em aberto relacionadas com a emissão de sons em cetáceos, nomeadamente, através da caracterização do repertório vocal de uma população de golfinhos-roazes em cativeiro, do exame da hipótese do assobio-assinatura, do relacionamento entre os parâmetros e as características acústicas das vocalizações com o seu contexto comportamental e social, e da comparação entre vocalizações de diferentes indivíduos considerando a classe etária e o género.

No sentido de atingir os principais objectivos acima enunciados, os quais nortearam a realização deste projecto, foram eles decompostos nos seguintes objectivos operacionais:

- elaborar um etograma para o golfinho-roaz em cativeiro baseado nos vários comportamentos observados;
- recolher sinais acústicos e comportamentais dos golfinhos-roazes do Parque Oceanográfico Zoomarine, em situações sociais distintas (indivíduos isolados, indivíduos em grupo, díade mãe-cria);
- analisar quantitativamente os diferentes tipos de sinais acústicos registados, recorrendo a representações gráficas e a aplicações gráficas de análise de sinais;
- analisar a variabilidade nos padrões de modulação de frequência dos assobios emitidos, classificando-os em categorias através da inspecção visual de espectrogramas;
- medir os parâmetros acústicos dos assobios registados por categoria de perfil de modulação de frequência: frequências, duração, número de repetições e número de harmónicas;
- contribuir para o esclarecimento da hipótese do assobio-assinatura, registando para isso, no decurso das gravações, quando era possível identificar o emissor mais provável de cada um dos assobios detectados;

- analisar os padrões de ocorrência dos assobios e das suas variações nos parâmetros acústicos principais em função do contexto comportamental;
- comparar as características acústicas dos assobios emitidos por animais pertencentes às diversas classes de idade e sexo, sempre que fosse possível identificar com elevada probabilidade o emissor;
- comparar taxas de emissão em situações sociais distintas (isolados e em grupo) e horários distintos numa díade mãe-cria isolada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e animais estudados

Este projecto decorreu no Parque Oceanográfico Zoomarine, no Algarve, após aprovação pelo Curador e pelo Director de Educação e Ciência do mesmo. De acordo com os objectivos estabelecidos, foram seleccionados oito golfinhos-roazes com idades e sexos distintos mantidos em meio artificial neste mesmo parque (Tabela 1).

Tabela 1 - Identificação e dados individuais dos oito golfinhos-roazes utilizados no projecto. (informação facultada pelo Zoomarine Portugal)

Nome	Sexo	Idade	Peso (kg)	Grau de Parentesco	Origem
Alpha	Feminino	5	124	Filha de Cher e espécime americano	Zoomarine
Apollo	Masculino	8	164,8	Filho de Missy e Sam	Zoomarine
Bio	Masculino	2	92,8	Filho de Luna e Sam	Zoomarine
Hugo	Masculino	16	179,6	-	-
Iara	Feminino	5	124	Filha de Missy e Sam	Zoomarine
Luna	Feminino	16	146,6	-	-
Primo	Masculino	2	97	Filho de Xinana e King	Zoomarine
Ulisses	Masculino	9	152,8	Filho de Cher e Sam	Zoomarine

Seis destes animais (Alpha, Apollo, Hugo, Iara, Primo e Ulisses) são mantidos no tanque exterior parcialmente coberto, a “Lagoa Azul”, onde são desenvolvidas regularmente as sessões de interacção com visitantes inscritos (“Dolphin Emotions”). Este tanque encontra-se dividido em 4 compartimentos separados por comportas de metal amovíveis (Figura 5). Os outros dois animais (Luna e Bio) são mantidos, juntamente com outros golfinhos, num complexo de cinco tanques separados por comportas de metal amovíveis, o “Delfinário” (Figura 6). Os animais mais velhos pertencentes a este grupo participam diariamente nos Espectáculos de Exibição que decorrem no tanque de maiores dimensões. A recolha de dados da diáde mãe-cria desenvolveu-se no tanque oval superior parcialmente coberto denominado “Maternidade”.

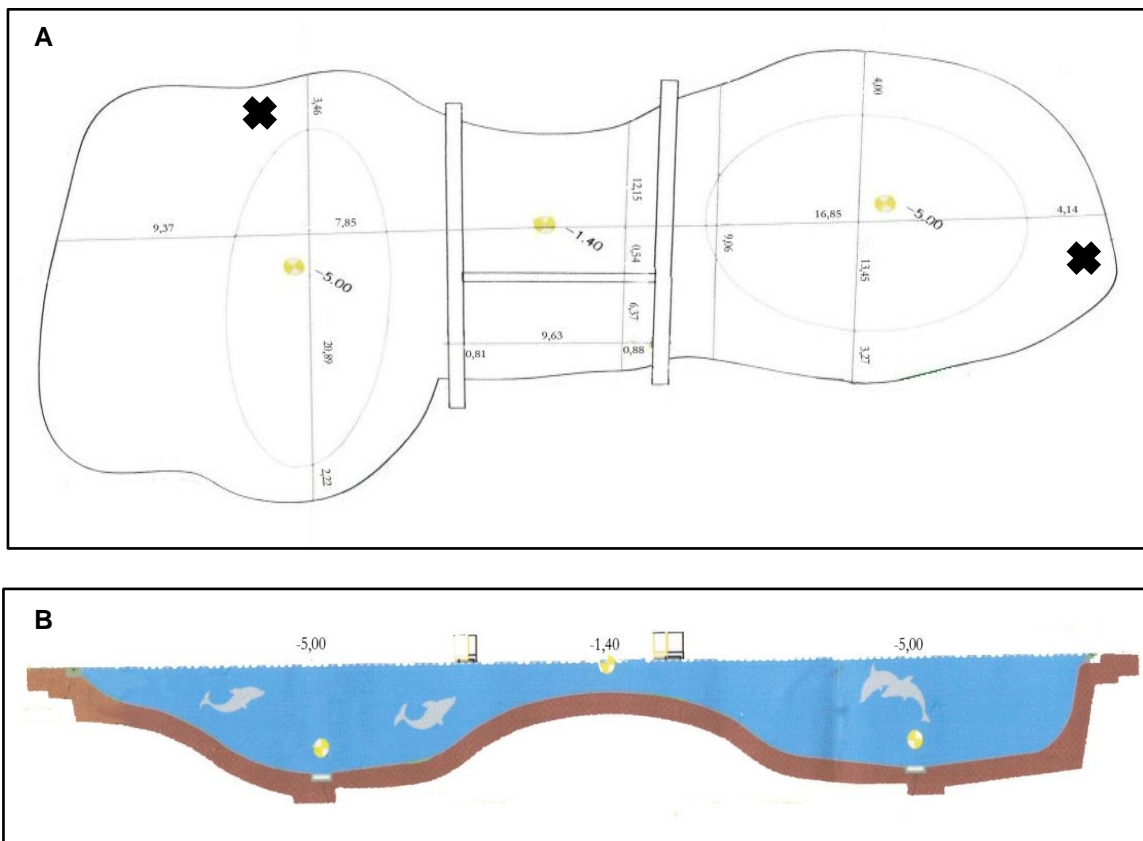


Figura 5. – Esquema ilustrativo do tanque “Lagoa Azul”. A – Plano do tanque, evidenciando dimensões e profundidades. As barras rectangulares brancas representam as comportas de separação dos quatro compartimentos. As cruzes pretas representam os locais de colocação do dispositivo acústico para recolha de dados. B – Corte sagital do tanque, evidenciando as diferentes profundidades.

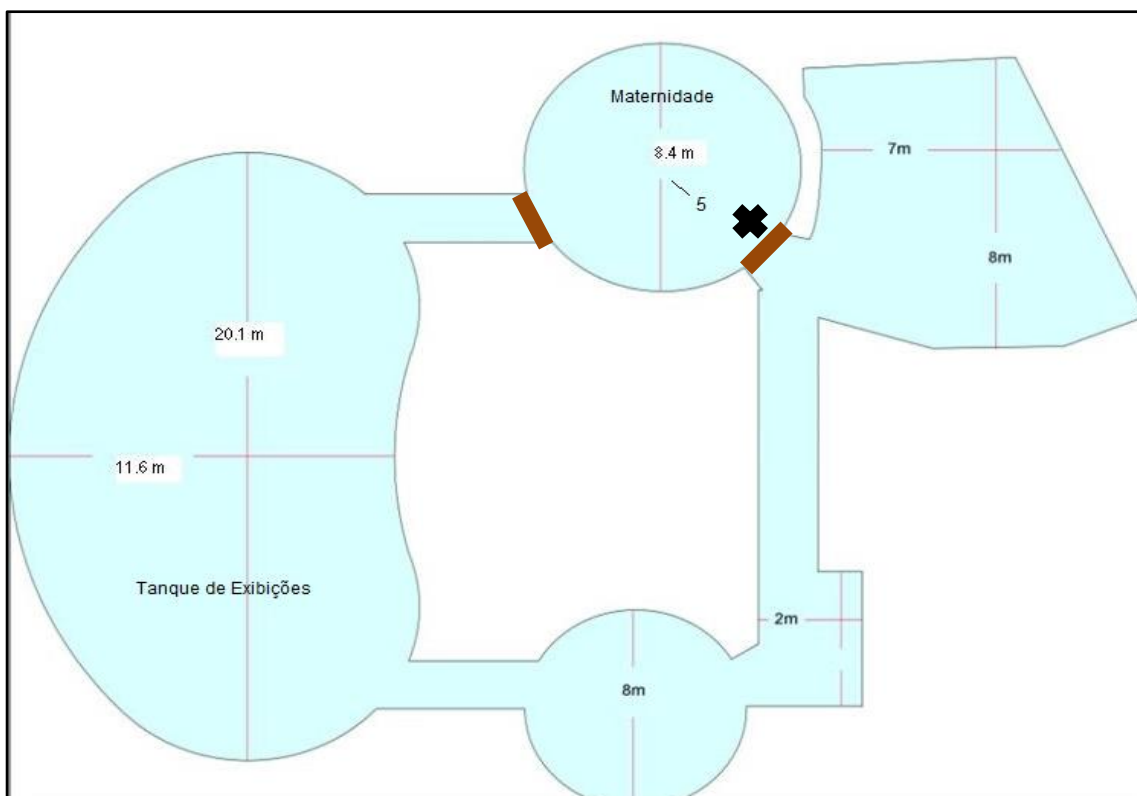


Figura 6. – Plano do complexo de tanques “Delfinário”, evidenciando dimensões. Os rectângulos castanhos representam as comportas de separação da Maternidade para os tanques adjacentes. A cruz preta representa o local de colocação do dispositivo acústico para recolha de dados.

3.2 Recolha de dados

Este projecto exigiu a realização simultânea de amostragens acústicas e comportamentais dos oito golfinhos-roazes nos respectivos tanques referidos anteriormente. O período de recolha de dados foi de Abril a Maio de 2012, nos dias:

- Abril: 13, 14, 15, 17, 19, 28 e 29
- Maio: 3, 4 e 5.

3.2.1 Materiais

Para a captação de sinais acústicos subaquáticos foi utilizada uma cadeia de instrumentação electroacústica calibrada pelo fabricante (Figura 7):

- um hidrofone *Cetacean Research Technology*, modelo C55 com a seguinte formatação: sensibilidade de -165 dB referenciada para 1 V/ μ Pa e frequência de resposta de 0,006 kHz a 203 kHz (+3/-20 dB);
- um gravador digital *M-Audio MicroTrack II*, que inclui auriculares e cartão de memória *Compact Flash* de 1 GB.

Para os registos comportamentais foi utilizado um gravador de voz *Panasonic*, modelo RR-QR270.

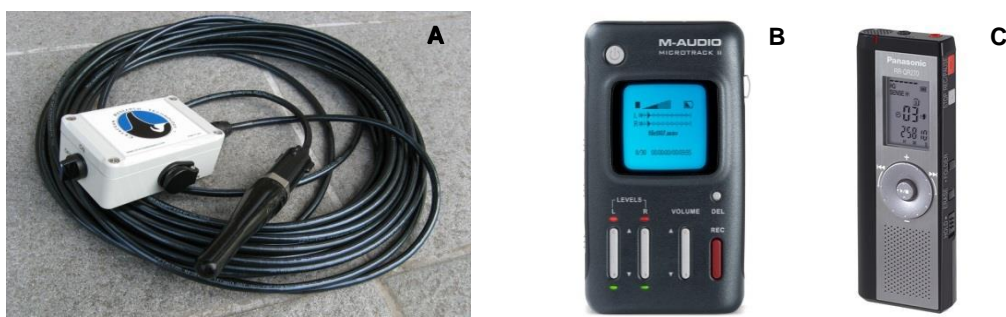


Figura 7. – Cadeia de instrumentação electroacústica: A - hidrofone e respectiva caixa de bateria; B - gravador digital acústico; C - gravador de voz.

3.2.2 Métodos de amostragem

Como referido anteriormente, a área de estudo foi dividida por dois complexos de tanques distintos: a “Lagoa Azul” e o “Delfinário”. Em ambos os locais, os materiais utilizados e o procedimento de amostragem foram idênticos. As diferenças relevantes ocorreram na localização do hidrofone, na presença de treinadores na área e no local de onde foram feitos os registos comportamentais.

Durante as amostragens foi adoptada uma estratégia não intrusiva, de forma a minimizar interferências no comportamento normal dos golfinhos. Neste sentido, foi estabelecido um período de habituação de 15 min, para que os animais pudessem adaptar-se ao seu contexto social (isolamento ou agrupamento) e à presença do hidrofone dentro do tanque. Foi, no entanto, necessário proteger o hidrofone com uma rede de linho adaptada a cada um dos tanques, de maneira a evitar que este se tornasse alvo de brincadeira e abocanhamento por parte dos animais. No caso da “Lagoa Azul”, foi necessária a assistência de um treinador na área de forma a sustentar a rede de protecção na posição correcta. A sua presença foi no entanto discreta, no sentido de minimizar interferências no comportamento natural dos golfinhos. No “Delfinário”, foi utilizada uma rede de protecção especificamente adaptável a este tanque, permitindo dispensar a presença de um treinador na área.

O período de cada amostragem foi de 15 min, tendo sido realizados em simultâneo os registos acústicos e os comportamentais. Estes últimos foram registados num gravador de voz, tendo sido considerados, de acordo com Müller *et al.* (1998), todo o tipo de comportamentos enquadrados nas seguintes categorias: Repouso, Deslocação, Comportamentos Aéreos, Jogo e Comportamentos Exploratórios, Comportamentos Sexuais, Interações Sociais e Outros Comportamentos. No caso da “Lagoa Azul”, estes registos foram feitos a partir da superfície circundante ao tanque, enquanto no “Delfinário” se recorreu à cabine de observação situada ao nível da coluna de água do respectivo tanque.

As amostragens acústicas foram realizadas através da cadeia de instrumentação acústica definida. O hidrofone foi colocado a uma profundidade de 1 m abaixo da superfície da água e ligado ao gravador digital. Todas as gravações acústicas foram registadas em formato .wav em cartões de memória *Compact Flash*, com uma resolução de 24 bit e uma frequência de amostragem de 96 kHz.

3.2.2.1 Procedimento específico para a “Lagoa Azul”

Com os seis golfinhos deste tanque foram desenvolvidos dois tipos de amostragem acústica e comportamental consoante o contexto social. Por um lado, foram realizadas 3 sessões de amostragem para cada um dos seis indivíduos em situação de isolamento do restante grupo. Por outro lado, realizaram-se 7 sessões de amostragem para subgrupos constituídos por diferentes indivíduos. A formação destes subgrupos foi resultado de dois factores:

1. a impossibilidade de juntar os seis animais no tanque 1 ou no tanque 2 por incompatibilidades sociais, com alta probabilidade de comportamentos agonísticos entre eles (informação facultada pela equipa de treinadores dos animais);
2. a impossibilidade de recolher bons sinais acústicos e comportamentais simultaneamente caso o hidrofone fosse colocado no centro da Lagoa Azul (compartimentos entre comportas) e os animais estivessem distribuídos pelos restantes compartimentos.

Os locais de colocação do hidrofone em cada um dos tanques foram determinados pela combinação das seguintes condicionantes (Figura 5):

- profundidade máxima para sustentação da rede de protecção;
- distância máxima à comporta mais próxima;

Consoante o objectivo da amostragem, os vários indivíduos foram isolados ou agrupados, nos tanques 1 ou 2. Uma vez que o Primo é apenas mantido no tanque 2, todas as recolhas relativas a este indivíduo decorreram nesse mesmo tanque. As recolhas correspondentes aos restantes animais em isolamento decorreram no tanque 1. As amostragens feitas com subgrupos seguiram o mesmo procedimento das amostragens em isolamento. Tentou-se que a composição dos subgrupos fosse variada, embora tenha sido necessário evitar algumas associações com elevada probabilidade de comportamentos agonísticos entre indivíduos.

Desta forma, e com vista a otimizar combinações entre os vários animais, foram formados os seguintes grupos:

- Alpha e Iara;
- Apollo, Hugo e Ulisses;
- Apollo e Primo;
- Alpha, Iara e Hugo;
- Alpha, Hugo e Apollo;
- Iara, Hugo e Ulisses;
- Apollo, Iara e Primo.

É de assinalar que todas as sessões de amostragem estiveram dependentes de várias condicionantes:

- a disponibilidade dos golfinhos, consoante os horários das sessões de interacção com visitantes inscritos e das sessões de treino individuais;
- a conveniência do uso dos animais nos procedimentos de isolamento/separação ou junção com outros indivíduos (processo desenvolvido pelos treinadores através de sinais gestuais de treino, mas, em última instância, influenciado pelas motivações demonstradas pelos próprios animais);
- as condições atmosféricas.

3.2.2.2 Procedimento específico para o “Delfinário”

Neste complexo de tanques, a díade mãe-cria foi isolada dos restantes golfinhos num tanque específico: a “Maternidade”. O processo de isolamento decorreu em todas as recolhas de amostragem, através de sinais gestuais feitos pelos treinadores e conforme a “vontade” de ambos os animais. De acordo com um dos objectivos do projecto e com o aval da Chefe de Departamento de Mamíferos Marinhos, foram realizadas 6 sessões de amostragem: 3 diurnas e 3 nocturnas. O procedimento foi idêntico em todas as sessões.

O local de colocação do hidrofone foi determinado pela existência da estrutura de adaptação da rede de protecção (apenas junto das comportas) e pela distância máxima ao tanque de exposições, o único tanque adjacente onde foram mantidos outros

animais durante as amostragens (Figura 6). É de salientar que todas as recolhas de amostragem foram feitas fora do horário das exibições no tanque de exibições.

3.3 Análise de dados

3.3.1 Análise dos registos acústicos

Os ficheiros acústicos obtidos nas recolhas de amostragem foram transferidos do cartão de memória para um computador *TOSHIBA – Satellite C660/C660D* e foram analisados através do programa de processamento de sinais digitais *Raven Pro 1.4* (Programa de Investigação em Bioacústica do Laboratório de Ornitologia da Universidade de Cornell, E. U. A.).

Foram criados espectrogramas para cada um dos ficheiros, com a seguinte configuração *standard* recomendada pelo fabricante (Tabela 2):

Tabela 2 - Propriedades dos espectrogramas analisados no *software Raven Pro 1.4*.

Tipo de Janela	Hanning
Tamanho da Janela	512 pontos
Largura da Banda de Análise	270 Hz
Resolução de Frequência	188 Hz
Tamanho da DFT	512 pontos
Resolução Temporal	2,67 ms
Sobreposição	50 %

Inicialmente, foi elaborado um inventário de todos os elementos vocais presentes em cada gravação, de acordo com a sua composição espectral e com os critérios de classificação indicados na literatura (Caldwell *et al.*, 1990; Au, 1993; dos Santos, 1998). Uma vez que este projecto não pretendeu fazer uma descrição acústica detalhada de todos os tipos de vocalizações (com excepção dos Assobios), foi apenas registada a sua ocorrência e posição temporal.

De modo a facilitar a análise de assobios, foram gerados sonogramas de 2 s para cada assobio individualmente. No caso de os assobios terem uma duração superior, o tamanho do sonograma foi igual ao número inteiro imediatamente a seguir ao tamanho do assobio em segundos. A cada sonograma foi atribuída a seguinte terminologia: ass + n.º do assobio – ano . mês . dia – n.º gravação original – minuto . segundo . milissegundo (por exemplo: ass0701-2012.04.28-f.162-00.40.67). É de salientar que a referência temporal corresponde à localização exacta do assobio na gravação original.

Com base nos trabalhos de Bazua-Duran & Au (2002 e 2004), Driscoll, 1995 *in* Au & Hastings (2008) e Baron *et al.* (2008), foram seleccionados apenas os assobios que cumpriram os seguintes critérios:

- duração igual ou superior a 300ms;
- contornos nítidos e bem definidos;
- inexistência de sobreposição com outro tipo de vocalização que inviabilizasse a leitura do contorno.

A categorização dos assobios foi feita através da inspecção visual dos sonogramas, agrupando-os apenas por semelhança de perfil de modulação de frequência. Assim, foram criadas categorias de perfis estereotipados que tiveram como critério base a existência de pelo menos 5 ocorrências de um determinado perfil em todas as gravações. Para a denominação das várias categorias foi atribuído um código de duas letras maiúsculas (por exemplo: PE). Foi, no entanto, mantida a terminologia de algumas categorias já identificadas para alguns destes animais, anteriormente descritas por Narine (2010). Os assobios que não figuraram em nenhuma das categorias estabelecidas foram considerados “indeterminados” devido à sua baixa representatividade nas amostras.

A análise quantitativa e acústica dos assobios foi desenvolvida através da medição de determinados parâmetros acústicos (Tabela 3) nos contornos de cada assobio (Figura 8).

Para todos os assobios foi ainda registada a presença de harmónicas, múltiplos inteiros da frequência dominante do assobio. No caso dos assobios compostos por mais de um *loop*, ou seja, com uma ou mais repetições da unidade, foi também contabilizado o número de *loops*.

Tabela 3 - Parâmetros acústicos utilizados na análise acústica dos assobios.

Parâmetros	Unidades
Frequência Inicial (F_{inicial})	Hz
Frequência Final (F_{final})	Hz
Frequência Mínima (F_{min})	Hz
Frequência Máxima ($F_{\text{máx}}$)	Hz
Amplitude de Frequência (AmF)	Hz
Pico de Frequência (PF)	Hz
Duração (D)	s

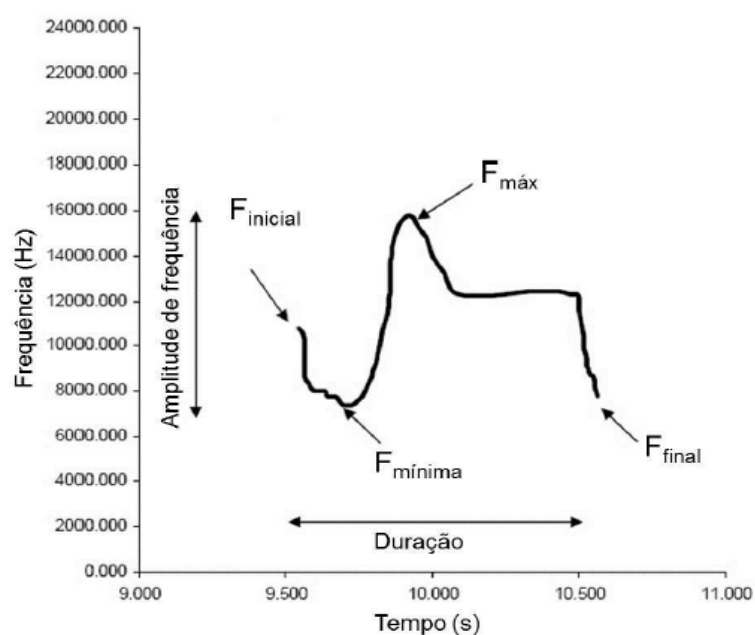


Figura 8. – Projecção de um espectrograma evidenciando o contorno de um assobio e os parâmetros acústicos medidos (adaptado de Ansmann, 2005).

3.3.2 Análise estatística

Para a análise estatística dos dados recorreu-se ao *software SPSS Statistics* (v. 21; SPSS Inc, Chicago, IL).

Foram, inicialmente, realizadas análises descritivas (média, mediana, mínimo, máximo e erro-padrão da média) dos sete parâmetros acústicos registados para os assobios dos indivíduos da “Lagoa Azul” e do “Delfinário”, separadamente: frequência inicial, frequência final, frequência mínima, frequência máxima, amplitude de frequência, pico de frequência e duração. Asseguradas as condições para as análises paramétricas, calcularam-se também os coeficientes de correlação de Pearson entre pares de parâmetros, de forma a averiguar a hipótese de existência de padrões de associação entre a frequência inicial, a frequência final, a frequência mínima e a frequência máxima.

Relativamente aos assobios estereotipados, calculou-se, para cada categoria de perfil, a média de cada um dos parâmetros acústicos atrás referidos, e descreveu-se a distribuição do número de *loops*, separadamente para cada grupo de animais.

Para testar a hipótese do assobio-assinatura com os registos realizados na “Lagoa Azul”, foram seleccionados apenas os assobios estereotipados associados, com elevado nível de confiança, ao emissor isolado. Recorreu-se, para tal, ao teste do Qui-quadrado por simulação de Monte Carlo, de forma a avaliar a hipótese da existência de relação entre a emissão de assobios estereotipados e os respectivos emissores. Foi também utilizado o método *SIGNature IDentification* (SIGID) proposto por Janik *et al.* (2013), para identificação de assobios-assinatura, através da análise de sequências de assobios pertencentes à mesma categoria de perfil.

De forma a analisar a relação das várias categorias de perfil de assobios estereotipados com os padrões de comportamento registados para os seis indivíduos, recorreu-se também ao teste do Qui-quadrado por simulação de Monte Carlo. Para este teste, foram descartados assobios estereotipados emitidos pelo mesmo indivíduo em dois contextos comportamentais simultâneos.

Para estudar as variações nos parâmetros acústicos dos assobios em função das categorias comportamentais dos seis emissores prováveis, recorreu-se a uma ANOVA paramétrica a um factor para cada uma das sete variáveis registadas, uma vez que os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias foram

cumpridos. Para a variável Pico de Frequência, efectuou-se uma ANOVA não paramétrica de Kruskal-Wallis, por não se verificarem esses mesmos pressupostos. Uma vez que os parâmetros acústicos considerados são oito e são correlacionados entre si, recorreu-se à correcção de Bonferroni e reduziu-se o nível de confiança para 0,006.

Para testar a hipótese da influência do sexo e da faixa etária dos indivíduos da “Lagoa Azul” nas taxas de emissão de assobios, foram seleccionados todos os assobios estereotipados e indeterminados associados ao respectivo emissor com elevado nível de confiança. Considerando as duas classes de sexo, recorreu-se ao teste paramétrico *t*-Student, uma vez que os pressupostos de normalidade foram cumpridos. Relativamente à faixa etária, formaram-se três classes: cria (Primo), sub-adulto (Alpha, Apollo e Iara) e adulto (Hugo e Ulisses), e fez-se uma ANOVA paramétrica a um factor, uma vez que os critérios de normalidade foram cumpridos. Dada a aproximação ao valor de significância ($p=0,05$) e ao número reduzido de amostras, optou-se por fazer um teste Post-hoc LSD de Fisher de forma a obter uma comparação múltipla de médias.

De maneira a analisar as variações nos parâmetros acústicos dos assobios em função das classes de sexo, recorreu-se ao teste não paramétrico de Mann-Whitney para cada uma das oito variáveis registadas, uma vez que os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias não foram cumpridos. Relativamente às variações nos parâmetros acústicos em função das três classes etárias, realizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para cada variável. Em ambos os casos foi utilizada a correcção de Bonferroni, reduzindo-se o nível de confiança para 0,006.

De modo a comparar a taxa de emissão de assobios por golfinho entre amostragens com indivíduos isolados e amostragens com dois ou três indivíduos na “Lagoa Azul”, realizou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney, uma vez que os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias não foram cumpridos. Seleccionaram-se apenas os assobios estereotipados e indeterminados associados, com elevado nível de confiança, aos animais amostrados nas respectivas gravações, tendo sido, seguidamente, calculada a taxa de emissão de assobios por indivíduo para cada uma das 25 amostragens.

Para comparar a taxa de emissão de todas as vocalizações emitidas pela díade mãe-cria entre amostragens realizadas no período diurno e amostragens realizadas no período nocturno, realizaram-se dois testes estatísticos diferentes, uma vez que nem todas as variáveis cumpriram os pressupostos de normalidade e homogeneidade de

variâncias. As taxas de emissão dos assobios, dos chorincos, dos gemidos, dos rangidos, dos trens de cliques e dos trens de taxa variável foram submetidas à análise *t*-Student. Para as restantes taxas de emissão: grunhidos, guinchos, rangidos graves e zumbidos, recorreu-se ao teste não paramétrico de Mann-Whitney.

Com excepção dos testes onde foi aplicada a correcção de Bonferroni, consideraram-se estatisticamente significativas as diferenças cujo *p-value* do teste foi inferior a 0,05.

4. RESULTADOS

De um total de 31 amostragens realizadas no tanque “Lagoa Azul” e no complexo de tanques “Delfinário” resultaram 8 h e 33 min de registos acústicos e comportamentais. A descrição e análise dos dados obtidos são apresentadas de seguida.

4.1. Análise dos registos comportamentais

A elaboração de um etograma parcial do golfinho-roaz no contexto deste trabalho foi consequência da análise detalhada do repertório comportamental evidenciado durante todas as recolhas de amostragem (Anexo I). Os vários tipos de comportamento foram agrupados em categorias comportamentais, servindo posteriormente para a análise dos padrões de ocorrência dos assobios e das suas variações nos parâmetros acústicos principais em função do contexto comportamental.

A principal categoria comportamental registada durante a emissão de assobios associados aos emissores amostrados na “Lagoa Azul” foi a *Deslocação* (76,7 %), caracterizada na sua maioria por uma natação lenta a média abrangendo toda a área do tanque. Seguiu-se a categoria de *Jogo e Comportamentos Exploratórios* (12,7 %) explicada pelo comportamento *Aproximação ao Hidrofone*, caracterizado por uma evidente alteração de comportamento e pela exibição de movimentos de cabeça alternados e aproximação ao objecto. Por fim, registaram-se episódios de *Repouso* (7,1 %) e *Comportamentos Aéreos* (3,4 %).

As *Interacções Sociais* e os *Comportamentos Sexuais* foram apenas registados nas recolhas de amostragem realizadas com dois ou mais animais, tanto na “Lagoa Azul” como no “Delfinário”.

4.2 Análise dos registos acústicos

4.2.1 Caracterização do repertório vocal

Das 31 gravações acústicas realizadas foi obtido um total de 19475 vocalizações que permitiram caracterizar o repertório vocal do golfinho-roaz em cativeiro. Os vários elementos acústicos registados foram anteriormente descritos para esta espécie, tanto em meio selvagem como em meio artificial (Caldwell & Caldwell, 1967; Caldwell *et al.*, 1990; Au, 1993; Herzing, 1996; dos Santos, 1998) e encontram-se quantitativamente representados na Figura 9.

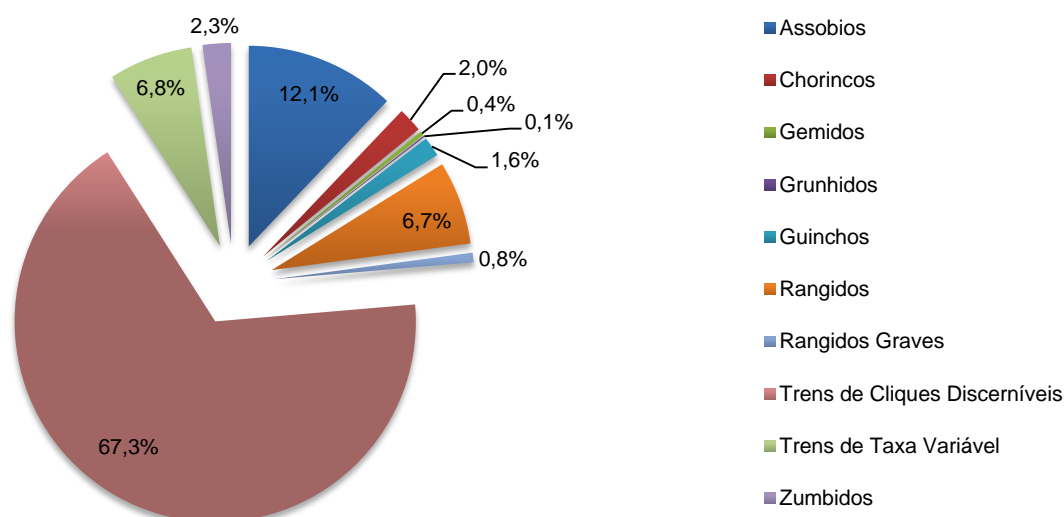


Figura 9. – Gráfico circular representativo dos elementos vocais que compõem o repertório acústico do golfinho-roaz em cativeiro e suas proporções.

Os trens de cliques de ecolocalização discerníveis (sinais pulsados de banda espectral larga e de duração muito curta) ($n=13109$; 67,3%; Figura 10) foram claramente a vocalização mais abundante no repertório vocal destes animais, tendo sido registados em todas as gravações acústicas como o elemento vocal mais emitido.

Apesar da baixa representatividade das vocalizações que compõem o conjunto dos sons pulsados, os mais representativos foram os rangidos ($n=1309$; 6,7%; Figura 11), os zumbidos ($n=444$; 2,3%; Figura 12), os chorincos ($n=387$; 2,0%; Figura 13) e os guinchos ($n=309$; 1,6%; Figura 14).

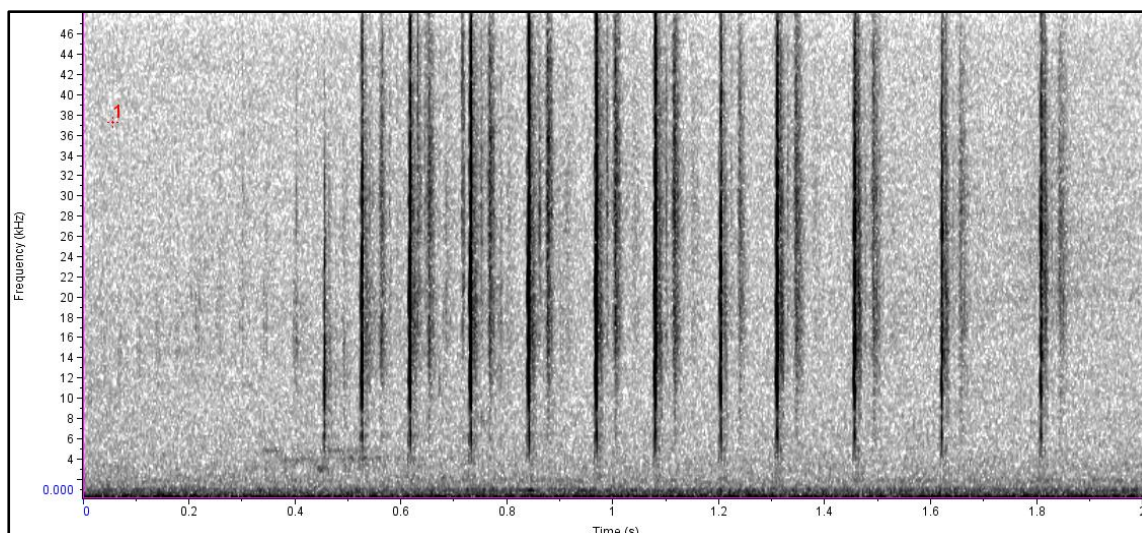


Figura 10. – Sonograma de um trem de cliques discerníveis (traços mais escuros). Notar os ecos e a reverberação que se seguem a cada clique, associados a um ambiente reflector como um tanque.

Os rangidos são trens de cliques emitidos a uma taxa de repetição de cerca de 200 cliques por segundo, o que lhes confere uma sonoridade semelhante ao ranger de uma porta com a dobradiça ferrugenta (dos Santos, 1998).

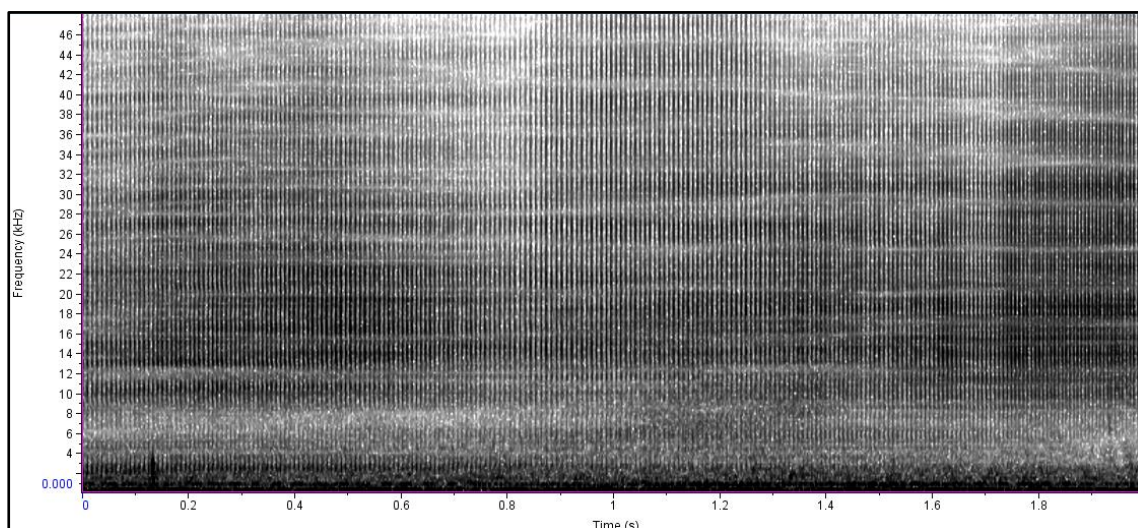


Figura 11. - Sonograma de um rangido.

Os zumbidos são sinais semelhantes aos rangidos, com uma alta taxa de repetição de cliques mas de duração mais curta, adquirindo o aspecto aural do zumbido de uma abelha (Herzing, 1996).

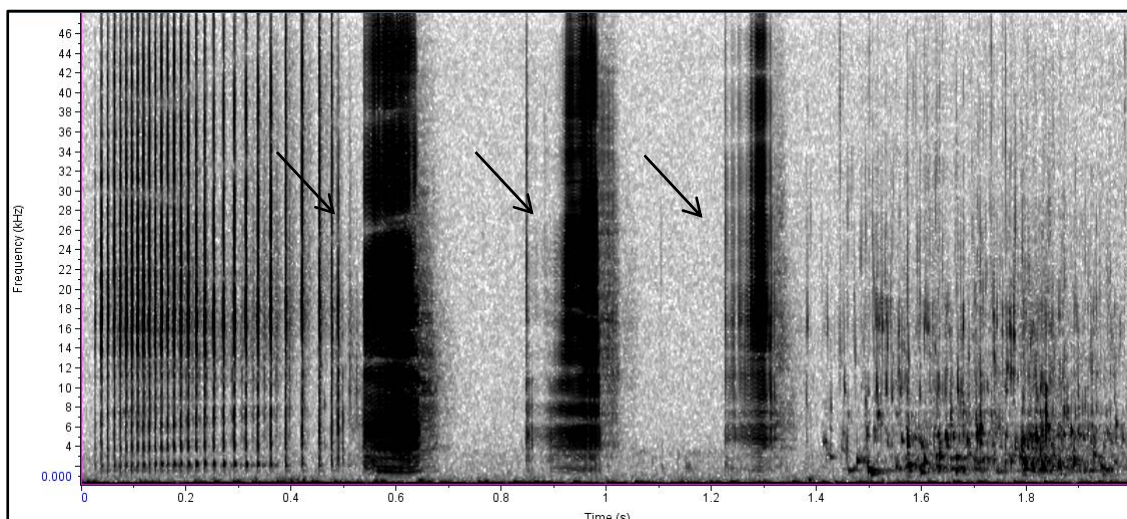


Figura 12. - Sonograma de três zumbidos.

Os chorincos são impulsos com uma taxa de repetição que ultrapassa os 390 cliques por segundo, o que torna impossível discernir a “granularidade” do trem de cliques. Assim sendo, esta vocalização apresenta um aspecto vocal de “choro” de bebê ou de grito estridente (Caldwell & Caldwell, 1967; dos Santos, 1998).

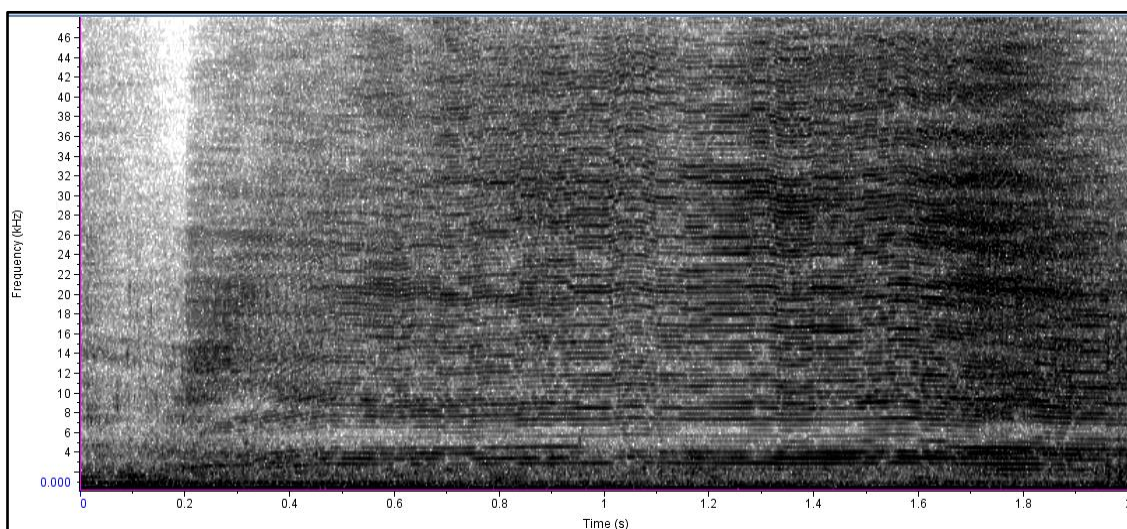


Figura 13. - Sonograma de um chorinco.

Os guinchos são sons breves, com estrutura harmônica e sonoridade aguda, semelhante a gritos de animais terrestres. A representação em sonograma apresenta geralmente uma forma convexa e contém energia entre 1 kHz e 9 kHz (dos Santos, 1998).

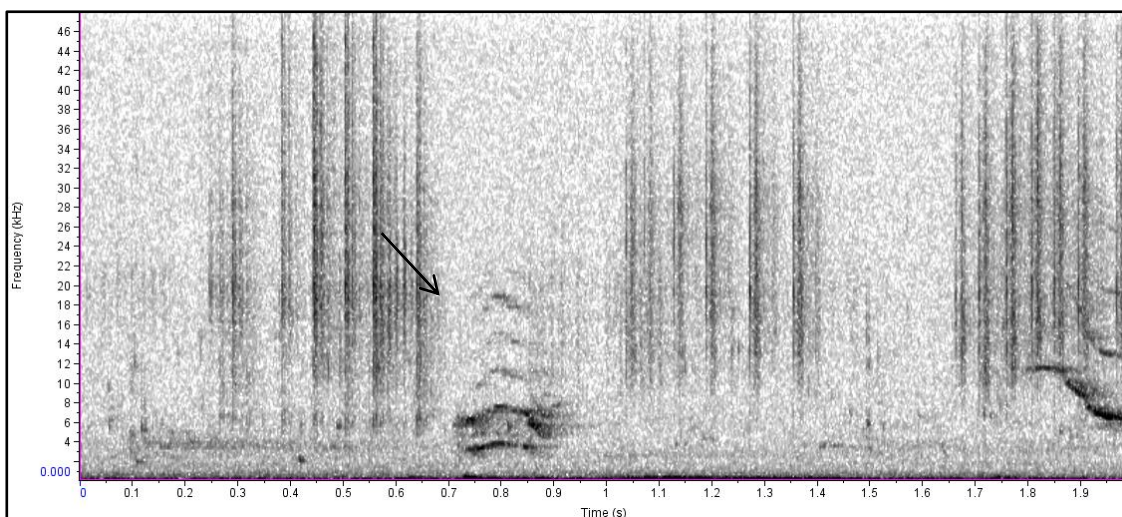


Figura 14. - Sonograma de um guincho.

Os trens de taxa variável apresentaram também uma representatividade relevante no repertório destes animais ($n=1316$; 6,8%, Figura 15). Esta foi uma categoria estabelecida para os trens de cliques compostos por vários tipos de sinais pulsados consecutivos, como os trens de cliques discerníveis, os rangidos, os chorincos e os zumbidos. A ordem da sequência de vocalizações emitida sem interrupções foi variada, no entanto, os trens cuja taxa de repetição aumentava ou diminuía sequencialmente foram os mais notáveis (por exemplo: um trem de taxa variável iniciado por um trem de cliques discernível, seguido por um rangido e finalizado por um chorinco).

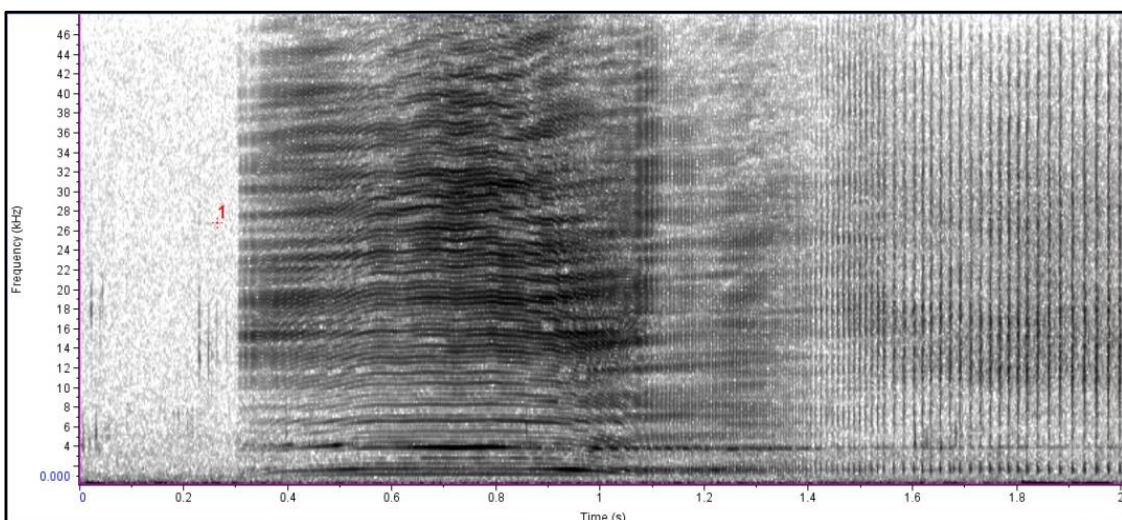


Figura 15. - Sonograma de um trem de taxa variável composto sequencialmente por um chorinco, um rangido e um trem de cliques discerníveis.

Os sons pulsados com menor representatividade nas amostras foram os seguintes:

- gemidos (n=69; 0,4%; Figura 16), sinais curtos de banda estreita semelhantes aos chorincos, mas com uma composição de frequências mais limitada (dos Santos, 1998);
- grunhidos (n=23; 0,1%; Figura 17), sinais curtos de elevada pressão sonora, com uma sonoridade estridente e áspera que lembra os gritos dos porcos (dos Santos, 1998);
- rangidos graves (n=151; 0,8%; Figura 18), sinais idênticos aos rangidos, geralmente de duração inferior a 0,5 s, mas com a maior parte da energia concentrada nas frequências abaixo dos 2 kHz (dos Santos, 1998).

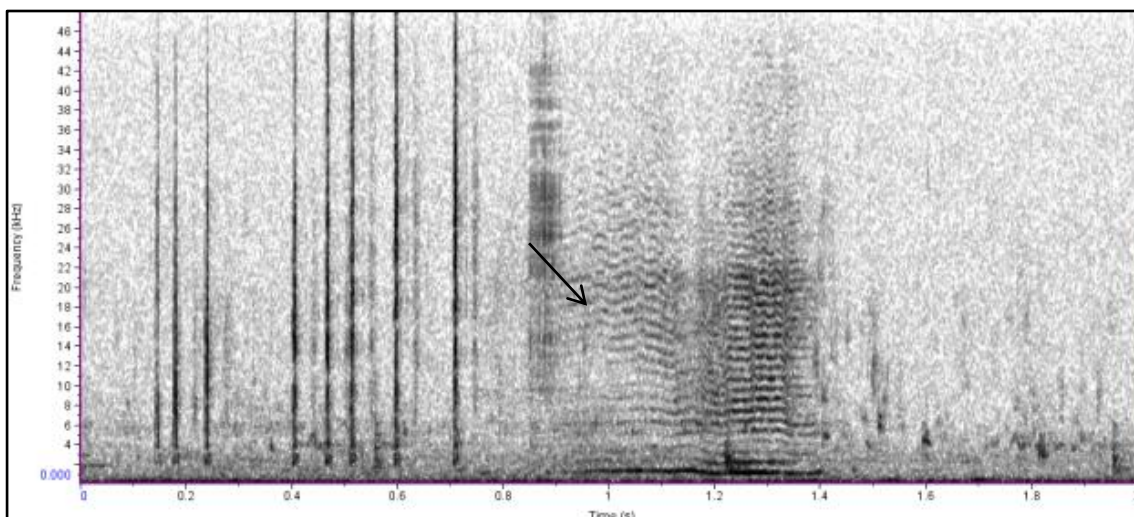


Figura 16. - Sonogramas de um gemido.

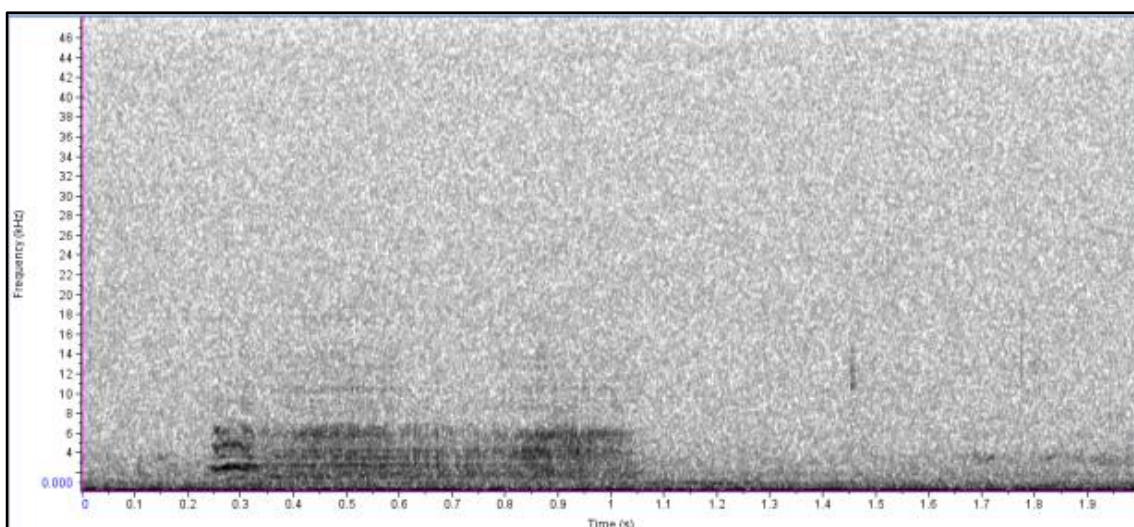


Figura 17. - Sonograma de um grunhido.

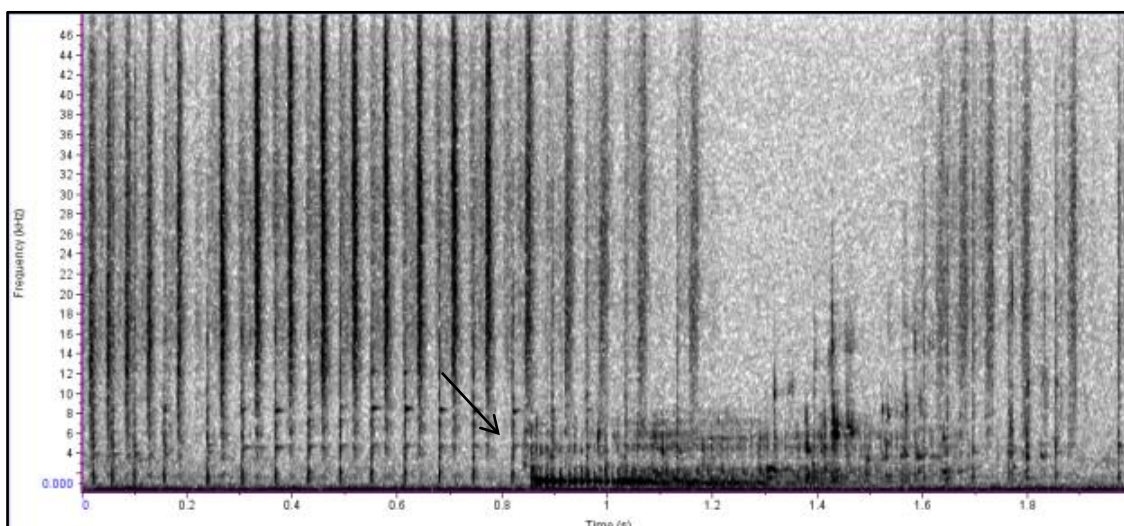


Figura 18. - Sonograma de um rangido grave.

Os assobios (sons tonais com funções comunicativas) foram o segundo elemento vocal mais representado no repertório acústico vocal destes animais, tendo sido registados em todas as amostragens ($n=2358$; 12,1%). A sua prevalência em termos de comunicação e comportamento social nestes animais justifica a sua importância central nesta dissertação e a sua análise numa secção própria. De acordo com os critérios estabelecidos, do conjunto de 2358 assobios foram seleccionados para análise um total de 1185 assobios.

4.2.2 Análise dos assobios

4.2.2.1 Caracterização acústica dos assobios

Das 31 amostragens realizadas foram seleccionados para análise 1185 assobios: 1027 emitidos pelos animais da “Lagoa Azul” e 158 pelos animais do “Delfinário”. Para efeitos de caracterização quantitativa destes sinais, foram medidos os seguintes parâmetros acústicos: frequência inicial, frequência final, frequência mínima, frequência máxima, amplitude de modulação de frequências, pico de frequência e duração da formante fundamental (Tabela 4).

Tabela 4 - Descrição dos valores mínimos, máximos, médias, medianas e desvios-padrão dos parâmetros acústicos dos assobios emitidos pelos animais do Zoomarine (n=1185)

	Frequência Inicial (kHz)	Frequência Final (kHz)	Frequência Mínima (kHz)	Frequência Máxima (kHz)	Pico de Frequência (kHz)	Amplitude de Frequência (kHz)	Duração (s)
Média	5,21	7,31	4,24	9,69	6,88	5,45	0,70
Mediana	4,39	6,64	3,98	8,77	6,00	4,61	0,62
Mínimo	0,96	0,95	0,92	1,93	1,69	0,10	0,30
Máximo	24,36	30,62	21,09	32,32	26,06	28,96	4,16
Desvio Padrão	3,24	3,47	2,17	4,33	3,41	3,63	0,33

Analisando a Tabela 4 verifica-se que, apesar dos parâmetros de frequência apresentarem uma grande amplitude de variação, as médias e as medianas situam-se entre os 3,9 kHz e os 9,7 kHz, o que corresponde ao intervalo de frequências típico dos assobios desta espécie (dos Santos, 1998). O valor de menor frequência registado foi de 0,915 kHz e o valor de maior frequência foi de 32,318 kHz. A duração média dos assobios foi de 0,702 s, sendo que cerca de 83,4% apresentou uma duração inferior a 1 s. O assobio mais curto durou 0,300 s enquanto o mais longo chegou aos 4,161 s.

Cerca de 87,5 % dos assobios analisados registaram presença de harmónicas, no entanto, este parâmetro não foi considerado nas análises estatísticas uma vez que a sua existência é extremamente variável e dependente de factores como as paredes dos tanques, a distância e a posição da cabeça do animal relativamente ao hidrofone. Não obstante, 61,6 % dos assobios apresentou entre 1 a 3 harmónicas, tendo sido o maior valor registado de 16 harmónicas.

Foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson entre pares de parâmetros, de forma a averiguar a hipótese de existência de padrões de associação entre a frequência inicial, a frequência final, a frequência mínima e a frequência máxima. Através da Figura 19 e da Tabela 5, é possível verificar a existência de uma correlação muito forte entre a frequência inicial e a frequência mínima ($r=0,795$; $p<0,01$), e de uma correlação forte entre a frequência máxima e as três restantes frequências. Verifica-se ainda uma correlação moderada entre a frequência final e a frequência mínima. Assim sendo, é claramente constatável uma tendência positiva para perfis de modulação de frequência crescentes.

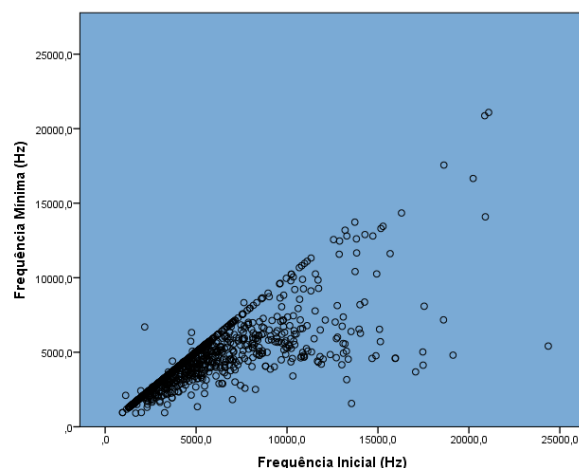


Figura 19. – Gráfico de dispersão indicativo de uma forte relação linear entre dois parâmetros acústicos dos assobios emitidos pelos animais do Zoomarine: Frequência Mínima e Frequência Inicial.

Tabela 5 - Correlações significativas (coeficiente de Pearson) entre parâmetros acústicos dos assobios emitidos pelos animais da Zoomarine.

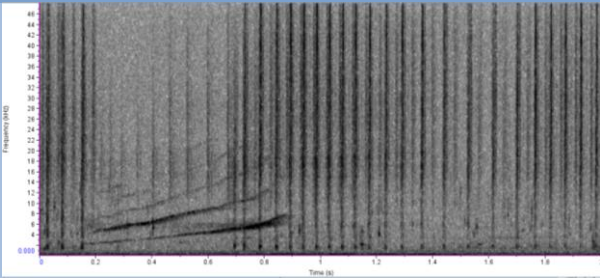
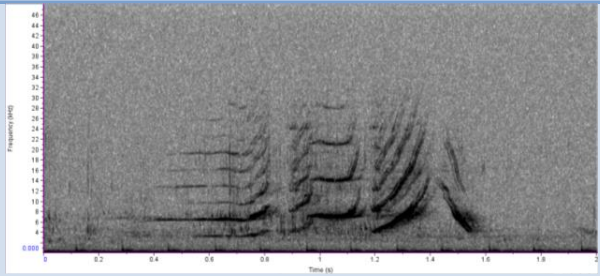
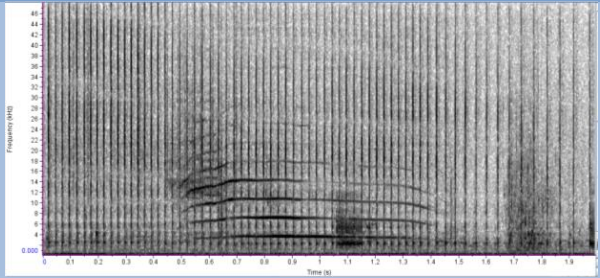
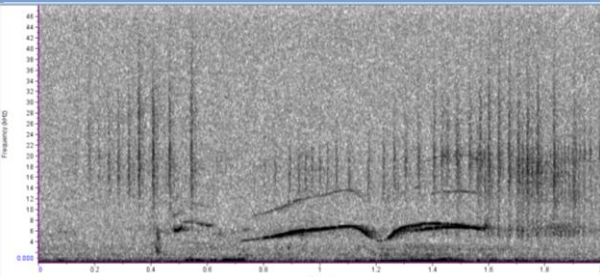
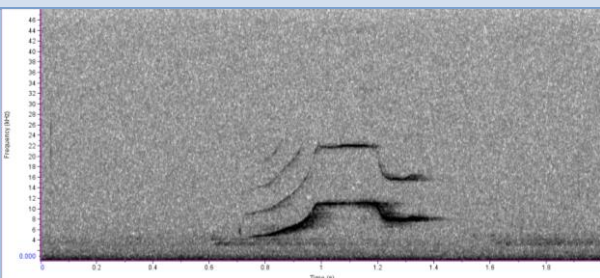
Parâmetros Comparados	r	p <
Frequência Inicial vs. Frequência Mínima	0,795	0,01
Frequência Final vs Frequência Máxima	0,690	0,01
Frequência Inicial vs Frequência Máxima	0,559	0,01
Frequência Mínima vs Frequência Máxima	0,548	0,01
Frequência Final vs Frequência Mínima	0,505	0,01

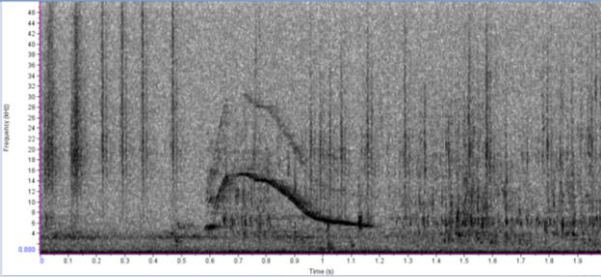
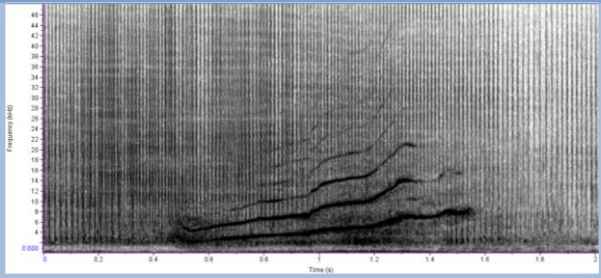
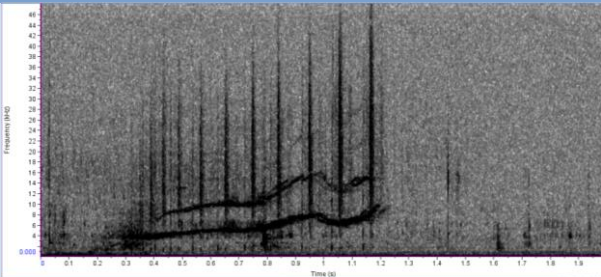
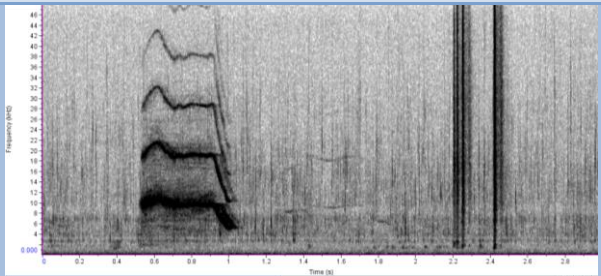
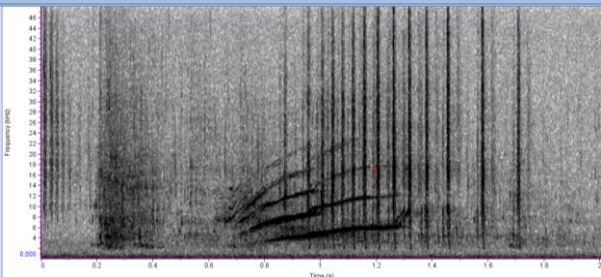
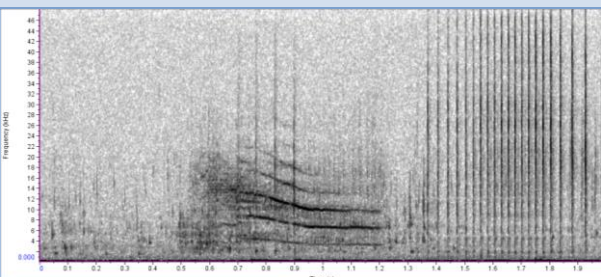
4.2.2.2 Categorização dos perfis de modulação de frequência dos assobios emitidos pelos animais da “Lagoa Azul”

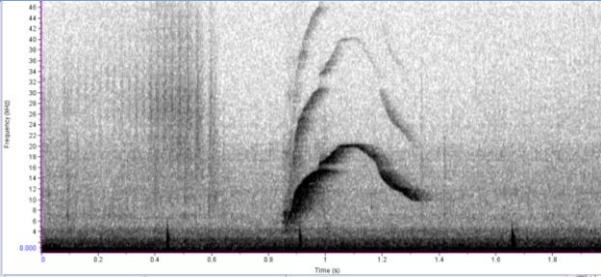
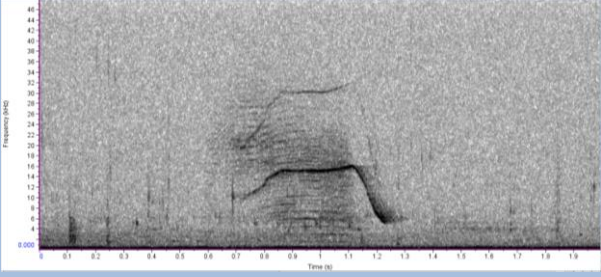
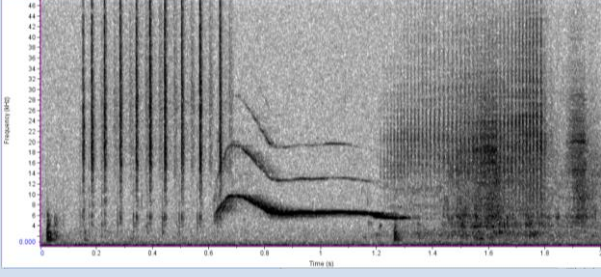
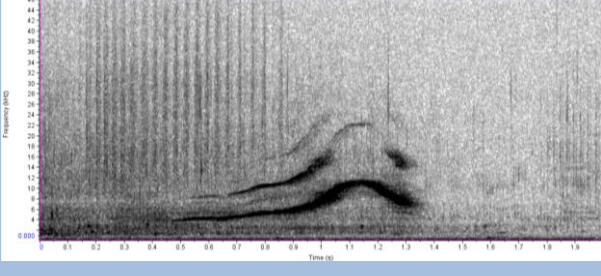
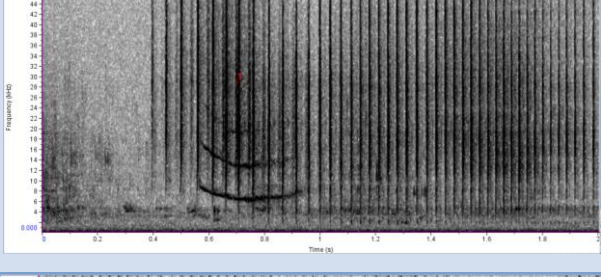
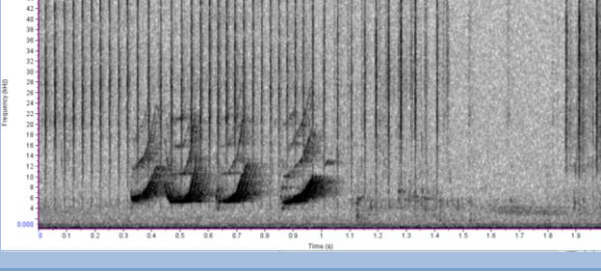
Das 25 amostragens realizadas neste tanque foram seleccionados para análise 1027 assobios. A partir destes foram inventariadas categorias de perfis de modulação de frequência estereotipados, onde foram agrupados assobios com perfis identificados repetidamente em várias ocorrências. Através da inspecção visual minuciosa dos sonogramas produzidos para cada assobio, foi possível agrupar 780 assobios em 22 categorias de perfil (Tabela 6). Os restantes assobios foram considerados

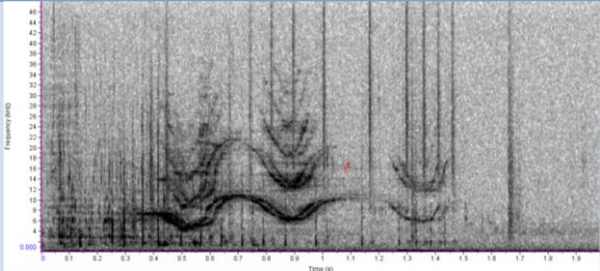
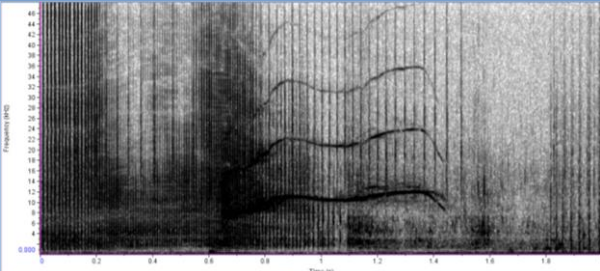
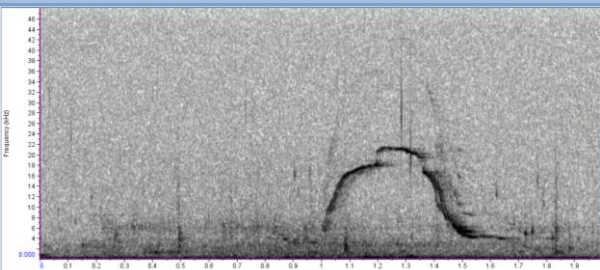
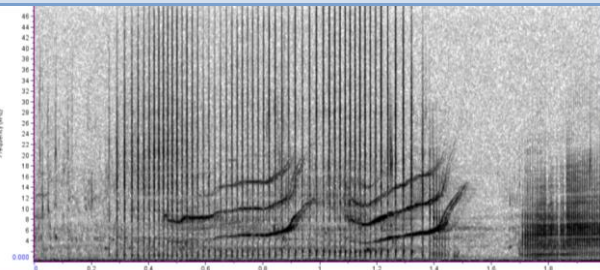
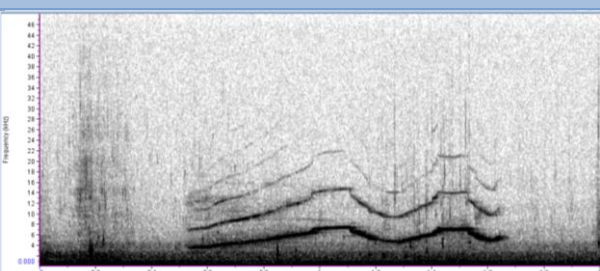
“indeterminados” por apresentarem baixa representatividade na amostra ou por não se enquadrarem em nenhuma das categorias de perfil estabelecidas.

Tabela 6 - Sonogramas representativos das 22 categorias de perfis de modulação de frequência dos assobios estereotipados dos golfinhos-roazes da "Lagoa Azul" e respectivas percentagens de ocorrência.

Sonograma	Categoria de Perfil	Ocorrências
	PC	N=126 16,2 %
	WA*	N=104 13,3 %
	VP	N=100 12,8 %
	GV	N=84 10,8 %
	LS*	N=71 9,1 %

	ES	N=45 5,8 %
	SM	N=34 4,4 %
	CR	N=30 3,8 %
	VL	N=25 3,2 %
	DS	N=22 2,8 %
	DR	N=18 2,3 %

	AA	N=16 2,1 %
	GM	N=16 2,1 %
	HB*	N=16 2,1 %
	LC	N=16 2,1 %
	BL	N=15 1,9 %
	FO	N=15 1,9 %

	MB	N=12 1,5 %
	OC	N=7 0,9 %
	IP	N=5 0,6 %
	TC	N=2 0,3 %
	PE	N=1 0,1 %

As categorias de perfis de modulação de frequência HB, LS e WA tinham já sido anteriormente descritas para alguns destes animais (Narine, 2010). Foram assim identificadas 19 novas categorias de assobios estereotipados: AA, BL, CR, DR, DS, ES, FO, GM, GV, IP, LC, MB, OC, PC, PE, SM, TC, VL e VP. Os perfis de modulação de frequência com maior representatividade foram as categorias PC (16,2 %), WA (13,3 %), VP (12,8 %), GV (10,8 %), LS (9,1 %), ES (5,4 %) e SM (4,4 %). À

semelhança dos perfis de categorias descritos para outras populações, a categoria PC é a mais abundante, uma vez que a frequência aumenta gradualmente com o tempo. Este assobio estereotipado possui habitualmente uma frequência inicial correspondente à frequência mínima e uma frequência final correspondente à frequência máxima. As médias dos parâmetros acústicos analisados para as várias categorias de assobios estereotipados encontram-se listadas na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores médios dos parâmetros acústicos (frequências e duração) das 22 categorias de assobios estereotipados emitidos pelos animais da “Lagoa Azul”. Valores mínimos de cada parâmetro assinalados a rosa e valores máximos a azul.

Categorias de Perfil dos Assobios	Frequência Inicial (kHz)	Frequência Final (kHz)	Frequência Mínima (kHz)	Frequência Máxima (kHz)	Amplitude de Frequência (kHz)	Pico de Frequência (kHz)	Duração (s)
AA	7,34	11,09	5,75	17,39	11,64	12,19	0,70
BL	6,27	6,50	5,01	6,83	1,82	5,45	0,58
CR	3,47	7,00	3,16	8,37	5,21	5,64	0,83
DR	7,81	4,26	4,05	7,97	3,93	5,43	0,51
DS	3,55	8,79	3,45	8,95	5,50	5,54	0,58
ES	9,98	6,98	5,45	13,64	8,192	9,63	0,68
FO	5,16	7,56	4,19	14,01	9,82	6,80	0,64
GM	12,40	6,46	5,87	20,36	14,50	14,67	0,76
GV	4,75	6,66	4,11	7,44	3,33	5,96	0,62
HB	5,97	4,62	4,40	10,04	5,64	5,92	0,63
IP	12,23	9,86	8,23	18,73	10,50	13,28	0,51
LC	2,69	4,50	2,66	10,67	8,01	5,63	0,87
LS	4,32	8,46	4,29	12,06	7,77	9,11	0,88
MB	7,36	7,54	4,83	11,06	6,23	7,89	0,64
OC	4,97	7,63	4,83	11,16	6,34	9,24	1,04
PC	3,26	6,36	3,25	6,42	3,17	4,64	0,49
PE	2,71	4,59	2,71	7,86	5,15	4,88	1,21
SM	3,09	6,61	2,97	7,40	4,43	5,22	0,85
TC	3,67	14,53	2,94	14,53	11,59	9,38	0,71
VL	8,62	5,97	5,43	9,98	4,54	8,24	0,59
VP	4,20	4,88	3,70	6,50	2,80	5,39	0,85
WA	3,25	7,59	3,07	9,65	6,58	5,75	0,69

Analisando a Tabela 7, verifica-se que os valores médios mais baixos e mais elevados para os diferentes parâmetros acústicos não se encontram concentrados em uma ou duas categorias. A categoria GM apresenta os valores de frequência inicial, frequência máxima, amplitude de modulação de frequências e pico de frequência mais elevados. O valor mais elevado para a frequência final pertence à categoria TC, enquanto para a frequência mínima esse valor é encontrado na categoria IP. Relativamente aos valores médios mais baixos, constata-se que a categoria LC apresenta os menores valores de frequência inicial e de frequência mínima. Os valores mais baixos para a frequência máxima e o pico de frequência pertencem à categoria PC, e a frequência final mais baixa pertence à categoria DR. A categoria BL apresenta a menor amplitude de modulação de frequências, o que indica que este perfil de assobio é emitido numa banda de frequências mais limitada, e que se concentra, neste caso, entre os 5 kHz e os 6 kHz. A categoria de perfil com maior duração em média é a PE com cerca de 1,207 s, no entanto, este valor poderá estar sobrestimado uma vez que, para além de ser constituído por 2 *loops*, apenas foi considerado um assobio desta categoria emitido por estes animais. Na verdade, o assobio mais longo analisado pertence à categoria VP e alcança os 2,002 s, sendo composto apenas por um *loop*. Por último, a categoria de perfil de menor duração é a PC com uma média de 0,491 s, sendo que o assobio simples mais curto analisado pertence também a esta categoria, com uma duração de 0,300 s.

Alguns assobios não possuem apenas um único ciclo ou *loop*, ocorrendo com um número de repetições variável. De entre as 22 categorias de perfis analisadas, verificou-se que em cerca de 8 ocorrem apenas assobios uni-*loop*, enquanto as restantes apresentam assobios com séries de *loops*. As categorias de perfil BL, DR, GM, HB, IP, LC, OC e PC são exclusivamente compostas por assobios uni-*loop*. Os restantes perfis de assobios, para além de possuírem ocorrências uni-*loop* são também compostos por assobios com *loops* múltiplos, à excepção das categorias PE e TC que, visto serem representadas apenas por um e dois assobios, respectivamente, possuem apenas ocorrências multi-*loop*. As categorias FO, VP, LS, MB e WA apresentam a maior variação de número de *loops*, e o máximo de *loops* observado foi de 5 para as categorias FO e VP. Verifica-se também que assobios uni-*loop* foram os mais comuns, representando cerca de 66,8 % de todos os assobios estereotipados. Assobios *multi-loop* compostos por 2 ou 3 *loops*, e consequentemente associados a uma maior duração, foram também significativos (20,3 % e 10,9 %, respectivamente).

4.2.2.3 Associação entre categorias de perfis de modulação de frequência e emissores prováveis da “Lagoa Azul”

Para testar a hipótese do assobio-assinatura, foram seleccionados apenas os assobios estereotipados associados, com elevado nível de confiança, ao emissor isolado. Assim, de 780 assobios anteriormente estereotipados em categorias de perfis foram seleccionados 421, emitidos pelos seis animais amostrados isoladamente. De forma a avaliar a hipótese da existência de relação entre a emissão de assobios estereotipados e os respectivos emissores, recorreu-se ao teste do Qui-quadrado por simulação de Monte Carlo, tendo-se evidenciado a associação de determinadas categorias de perfil a emissores específicos ($\chi^2 (105) = 289,349$; $p < 0,001$; $N=421$) (Tabela 8).

Observando a Tabela 8, constata-se de imediato uma desigualdade no total de assobios emitidos por emissor: o Apollo foi o animal que mais assobios estereotipados emitiu, enquanto o Hugo registou o menor número de assobios estereotipados. Verifica-se também que cada emissor possui um repertório de assobios representado por uma diversidade de categorias de perfil partilhadas entre si, com maior ou menor representatividade. Com efeito, o Hugo emitiu assobios referentes a 11 categorias de perfil, o Ulisses e o Primo a 14, a Alpha e a Iara a 15, e o Apollo a 18 categorias. As categorias de perfil PC (17,8 %), WA (14,0 %), GV (10,0 %), VP (9,0 %), DS (3,6 %) e HB (2,9 %) foram emitidas pelos seis animais, em oposição às categorias LS (12,1 %), ES (7,1 %), CR (5,5 %) e SM (5,0 %) que, apesar de representarem uma percentagem significativa do total de assobios estereotipados emitidos por todos os animais, se encontram apenas no repertório de alguns indivíduos.

Relativamente a Alpha, verifica-se que a categoria PC ($N=23$; 28,8 %) é mais emitida do que seria expectável, apesar deste perfil de assobio ser recorrentemente emitido pelos restantes animais. Para o Apollo, assobios das categorias AA ($N=1$; 0,9 %), DS ($N=2$; 1,8 %), PC ($N=11$; 9,8 %), VP ($N=5$; 4,5 %) e WA ($N=14$; 12,5 %) foram menos produzidos do que o esperado, ao contrário do perfil LS ($N=43$; 38,4 %), significativamente associado a este emissor. Apesar do número reduzido de assobios estereotipados relativos ao Hugo, verifica-se que a categoria LS ($N=8$; 24,2 %) foi também emitida acima do esperado. As categorias DS ($N=7$; 7,5 %), ES ($N=17$; 18,1 %) e GV ($N=19$; 20,2 %) têm maior probabilidade de serem emitidas pela Iara, ao contrário dos perfis FO ($N=0$; 0,0 %), VP ($N=5$; 5,3 %) e WA ($N=9$; 9,6 %) produzidos abaixo do expectável.

Tabela 8 - Ocorrência das categorias de perfis de modulação de frequência (N=421) em função dos emissores prováveis. Valores absolutos e percentagens entre parêntesis por emissor provável. As células a verde indicam os valores superiores ao esperado e a laranja os valores inferiores ao esperado, resultado do teste do Qui-quadrado por simulação de Monte Carlo.

Categoria de Perfil de Assobio	Indivíduos						Totais
	Alpha	Apollo	Hugo	Iara	Primo	Ulisses	
AA	1 _(1,3%)	1 _(0,9%)	0	1 _(1,1%)	3 _(6,3%)	2 _(3,7%)	8 _(1,9%)
BL	0	0	1 _(3,0%)	0	2 _(4,2%)	1 _(1,9%)	4 _(1,0%)
CR	8 _(10%)	4 _(3,6%)	0	6 _(6,4%)	1 _(2,1%)	4 _(7,4%)	23 _(5,5%)
DR	1 _(1,3%)	3 _(2,7%)	0	1 _(1,1%)	1 _(2,1%)	1 _(1,9%)	7 _(1,7%)
DS	2 _(2,5%)	2 _(1,8%)	2 _(6,1%)	7 _(7,5%)	1 _(2,1%)	1 _(1,9%)	15 _(3,6%)
ES	6 _(7,5%)	5 _(4,5%)	0	17 _(18,1%)	1 _(2,1%)	1 _(1,9%)	30 _(7,1%)
FO	3 _(3,8%)	2 _(1,8%)	0	0	2 _(4,2%)	0	7 _(1,7%)
GM	1 _(1,3%)	6 _(5,4%)	2 _(6,1%)	2 _(2,1%)	2 _(4,2%)	0	13 _(3,1%)
GV	9 _(11,3%)	6 _(5,4%)	5 _(15,2%)	19 _(20,2%)	1 _(2,1%)	2 _(3,7%)	42 _(10,0%)
HB	2 _(2,5%)	4 _(3,6%)	1 _(3,0%)	2 _(2,1%)	2 _(4,2%)	1 _(1,9%)	12 _(2,9%)
IP	0	1 _(0,9%)	0	1 _(1,1%)	0	0	2 _(0,5%)
LC	0	1 _(0,9%)	0	0	0	1 _(1,9%)	2 _(0,5%)
LS	0	43 _(38,4%)	8 _(24,2%)	0	0	0	51 _(12,1%)
MB	0	2 _(1,8%)	1 _(3,0%)	0	0	1 _(1,9%)	4 _(1,0%)
OC	2 _(2,5%)	0	0	1 _(1,1%)	0	0	3 _(0,7%)
PC	23 _(28,8%)	11 _(9,8%)	7 _(21,2%)	18 _(19,1%)	6 _(12,5%)	10 _(18,5%)	75 _(17,8%)
PE	0	0	1 _(3,0%)	0	0	0	1 _(0,2%)
SM	3 _(3,8%)	1 _(0,9%)	0	3 _(3,2%)	7 _(14,6%)	7 _(13,0%)	21 _(5,0%)
TC	0	1 _(0,9%)	0	0	0	0	1 _(0,2%)
VL	1 _(1,3%)	0	0	2 _(2,1%)	0	0	3 _(0,7%)
VP	5 _(6,3%)	5 _(4,5%)	2 _(6,1%)	5 _(5,3%)	13 _(27,1%)	8 _(14,8%)	38 _(9,0%)
WA	13 _(16,3%)	14 _(12,5%)	3 _(9,1%)	9 _(9,6%)	6 _(12,5%)	14 _(25,9%)	59 _(14,0%)
Totais	80	112	33	94	48	54	421

Relativamente ao Primo, cinco categorias assumem valores acima dos esperados: AA (N=3; 6,3 %), BL (N=2; 4,2 %), FO (N=2; 4,2 %), SM (N=7; 14,6 %) e VP (N=13; 27,1 %), contrastando com o perfil PC (N=6; 12,5 %). Por último, o Ulisses emite assobios das categorias SM (N=7; 13,0 %), e WA (N=14; 25,9 %) acima do esperado.

Utilizando o método *SIGnature IDentification* (SIGID) (Janik *et al.*, 2013), analisaram-se algumas sequências de assobios compostas pelas categorias de perfil anteriormente associadas com maior probabilidade a determinados emissores, verificando-se que 100 % dos assobios da categoria LS emitidos pelo Hugo e 90,7 %

dos assobios desta mesma categoria emitidos pelo Apollo ocorreram em séries que cumpriram os critérios deste método. Para os restantes animais e respectivas categorias de perfil associadas não se verificaram os critérios exigidos para este procedimento.

4.2.2.4 Análise dos padrões de ocorrência e variações nos parâmetros acústicos dos assobios emitidos pelos animais da “Lagoa Azul” em função do contexto comportamental

Para estudar a relação das várias categorias de perfil de assobios estereotipados com os padrões de comportamento, recorreu-se também ao teste do Qui-quadrado por simulação de Monte Carlo. Dos 421 assobios estereotipados produzidos pelos respectivos emissores prováveis, foram descartados assobios emitidos pelo mesmo indivíduo exibindo dois tipos de comportamento simultaneamente, resultando em 408 assobios. Verificou-se a independência entre categorias de perfil de assobios e categorias comportamentais (χ^2 (63) = 63,399; $p=0,439$; $N=408$). Para analisar as variações nos parâmetros acústicos dos assobios em função das categorias comportamentais dos emissores prováveis, recorreu-se a uma ANOVA paramétrica a um factor para cada uma das sete variáveis registadas, e a uma ANOVA não paramétrica de Kruskal-Wallis para a variável pico de frequência. Da primeira análise não se obtiveram diferenças significativas para nenhum dos parâmetros: frequência inicial (F (3) = 1,349; $p=0,258$; $N=408$), frequência final (F (3) = 2,345; $p=0,072$; $N=408$), frequência mínima (F (3) = 1,892, $p=0,130$; $N=408$), frequência máxima (F (3) = 3,296; $p=0,021$; $N=408$), amplitude de frequência (F (3) = 2,136; $p=0,095$; $N=408$), duração (F (3) = 0,827; $p=0,480$; $N=408$) e número de *loops* (F (3) = 0,479; $p=0,697$; $N=408$). Relativamente ao teste de Kruskal-Wallis (KW (3) = 14,963; $p=0,002$; $N=408$), verificou-se que existem diferenças significativas no que toca aos valores médios do pico de frequência entre os comportamentos de *Deslocação* e de *Jogo e Comportamentos Exploratórios* (KW (3) = 14,963; $p=0,003$; $N=408$), e entre *Deslocação* e *Repouso* (KW (3) = 14,963; $P=0,006$; $N=408$) (Figura 20).

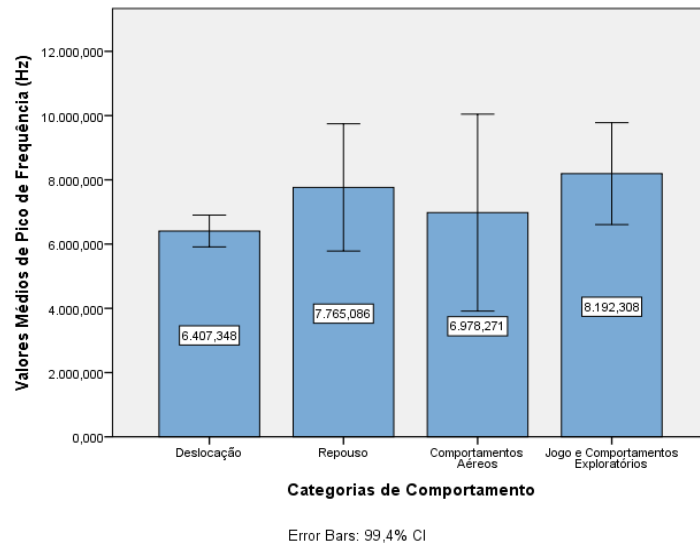


Figura 20. – Gráfico de barras representativo dos valores de média \pm SEM do pico de frequência dos assobios emitidos pelos animais da “Lagoa Azul” em função do tipo de comportamento exibido pelo emissor.

4.2.2.5 Análise das taxas de emissão e variações nos parâmetros acústicos dos assobios em função das classes de sexo e idade dos emissores prováveis da “Lagoa Azul”

Para testar a hipótese da influência do sexo e da faixa etária dos indivíduos estudados nas taxas de emissão de assobios, foram seleccionados todos os assobios estereotipados e indeterminados associados ao respectivo emissor, com elevado nível de confiança, resultando num total de 539 sinais. Considerando as duas classes de sexo, recorreu-se ao teste paramétrico *t*-Student, não se obtendo diferenças significativas ($t(16) = 1,126$; $p=0,277$; $N=539$).

Relativamente às três classes etárias, fez-se uma ANOVA paramétrica a um factor, não se obtendo, novamente, diferenças significativas ($F(2) = 3,311$; $p=0,064$; $N=539$). No entanto, dada a aproximação ao valor de significância ($p=0,05$), verificou-se, através do teste Post-hoc LSD de Fisher, a existência de mais do dobro de diferença entre as taxas de emissão emitidas pelos indivíduos sub-adultos e pelos adultos ($p=0,027$) (Figura 21).

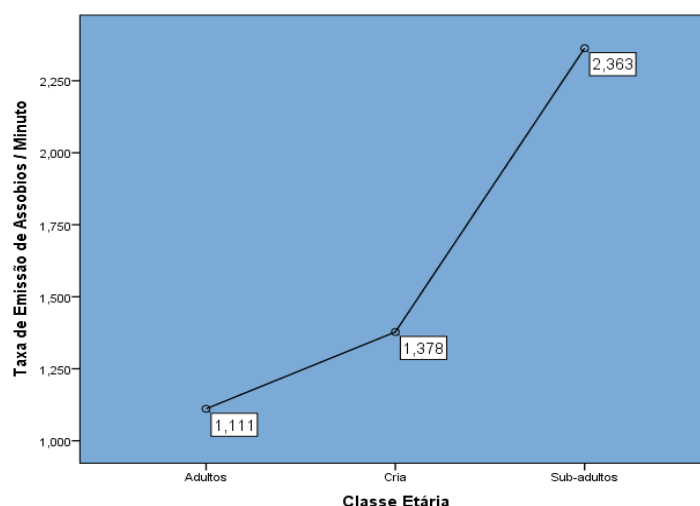


Figura 21. – Representação gráfica das médias das taxas de emissão dos 539 assobios emitidos pelos animais da “Lagoa Azul” em função das classes etárias.

Para analisar as variações nos parâmetros acústicos dos 539 assobios em função das classes de sexo, recorreu-se ao teste não paramétrico de Mann-Whitney para cada uma das nove variáveis registadas. Obtiveram-se diferenças significativas em quatro dos oito parâmetros analisados: frequência máxima ($U=39737,0$; $p=0,006$; $N=539$), amplitude de frequência ($U=41175,5$; $p<0,001$; $N=539$), duração ($U=42181,5$; $p<0,001$; $N=539$) e número de *loops* ($U=30351,5$; $p<0,001$; $N=539$) (Figura 22). Em todas as situações são notáveis os valores médios mais elevados correspondentes aos assobios emitidos pelos machos. Os restantes parâmetros não apresentaram diferenças estatisticamente significativas consoante o sexo do emissor: pico de frequência ($U=38979,0$; $p=0,019$; $N=539$), frequência inicial ($U=33769,0$; $p=0,549$; $N=539$), frequência final ($U=34825,5$; $p=0,998$; $N=539$), e frequência mínima ($U=33338,0$; $p=0,399$; $N=539$).

Relativamente às variações nos parâmetros acústicos dos 539 assobios em função das três classes etárias, realizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para cada uma das nove variáveis em questão. De acordo com esta análise, não se obtiveram diferenças significativas em nenhum dos parâmetros acústicos dos assobios entre as três classes etárias: pico de frequência ($KW(2) = 5,651$; $p=0,059$; $N=539$), frequência inicial ($KW(2) = 7,694$; $p=0,021$; $N=539$), frequência final ($KW(2) = 4,201$; $p=0,122$; $N=539$), frequência mínima ($KW(2) = 8,325$; $p=0,016$; $N=539$), frequência máxima ($KW(2) = 9,161$; $p=0,010$; $N=539$), amplitude de frequência ($KW(2) = 4,851$; $p=0,088$; $N=539$), duração ($KW(2) = 7,867$; $p=0,020$; $N=539$) e número de *loops* ($KW(2) = 3,739$; $p=0,154$; $N=539$).

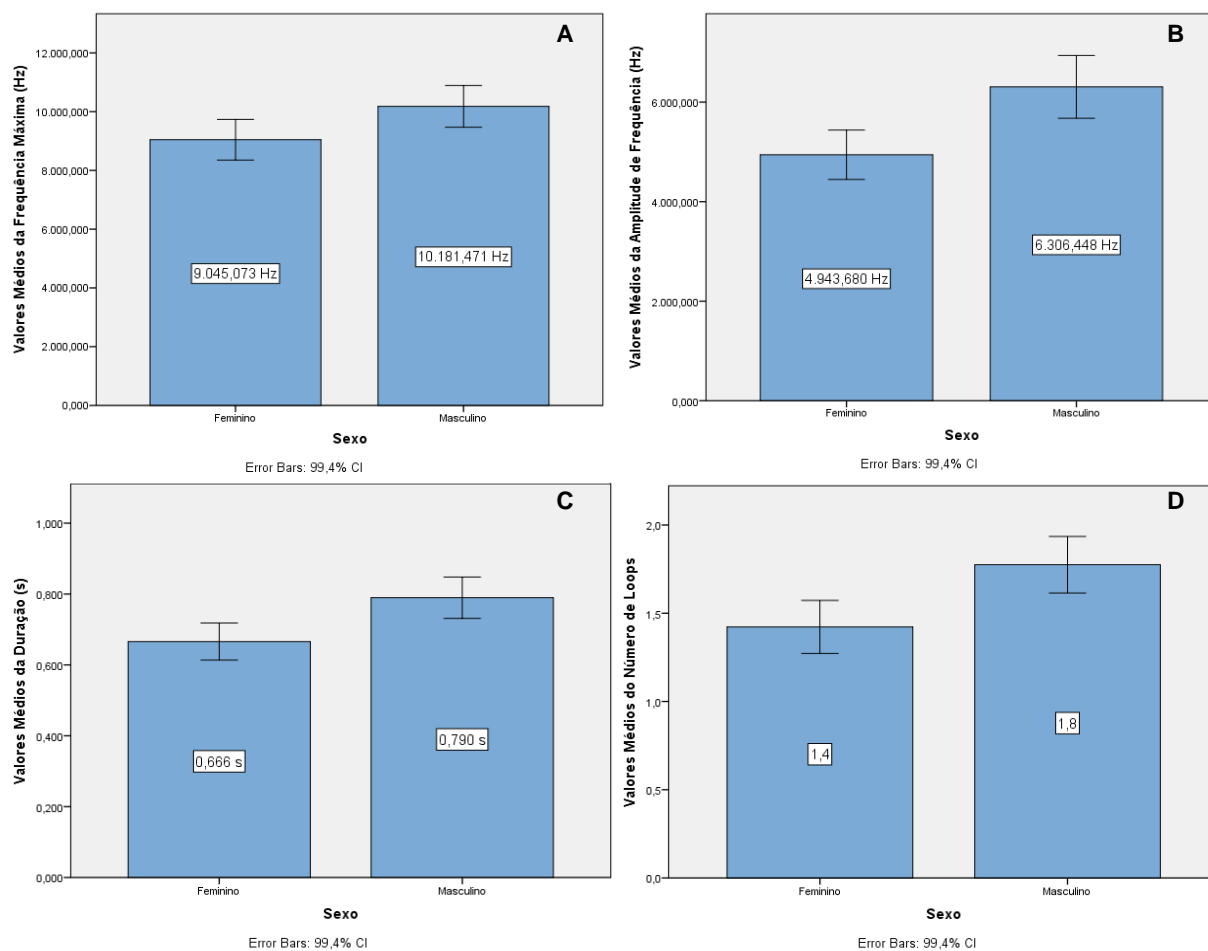


Figura 22. – Gráficos de barras representativos dos valores médios \pm SEM de cinco parâmetros acústicos dos 539 assobios emitidos pelos animais da “Lagoa Azul” em função do sexo dos emissores. A – Frequência Máxima (Hz); B – Amplitude de Frequência (Hz); C – Duração (s); D – Número de Loops.

4.2.2.6 Comparação das taxas de emissão dos assobios de indivíduos isolados e de indivíduos agrupados na “Lagoa Azul”

De modo a comparar a taxa de emissão de assobios por golfinho entre amostragens com indivíduos isolados e amostragens com dois ou três indivíduos, realizou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney. Dos 1027 assobios registados em todas as amostragens, foram seleccionados 708 estereotipados e indeterminados associados, com elevado nível de confiança, aos animais amostrados nas respectivas gravações, tendo sido calculada a taxa de emissão de assobios por indivíduo para cada uma das 25 amostragens. Verificou-se a existência de diferenças significativas

nas taxas de emissão de assobios consoante o contexto social ($U=26,0$; $p=0,025$, $N=25$): indivíduos isolados emitem mais do dobro de assobios (1,8 assobios/min) do que quando acompanhados (0,8 assobios/min) (Figura 23).

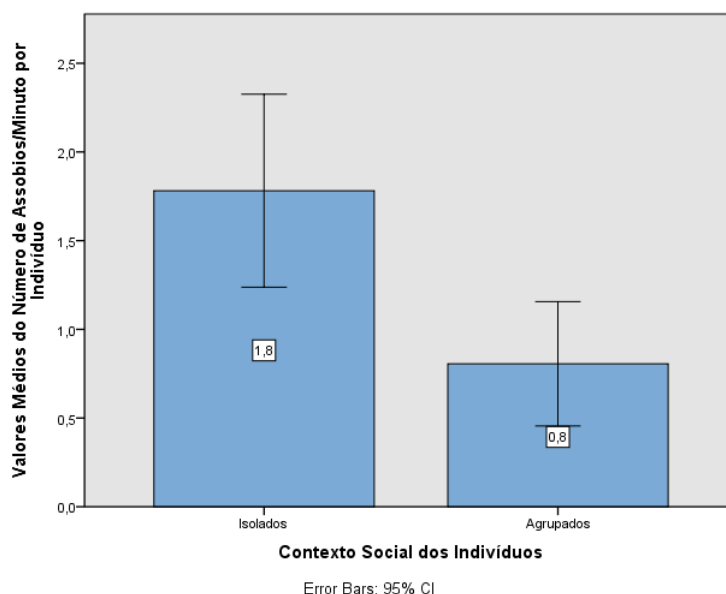
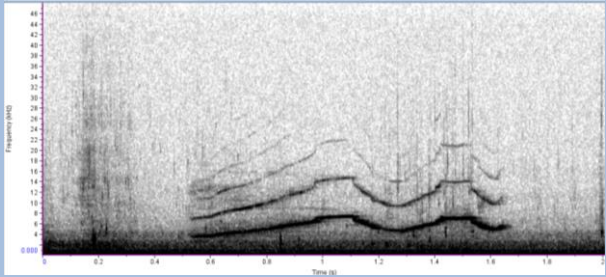
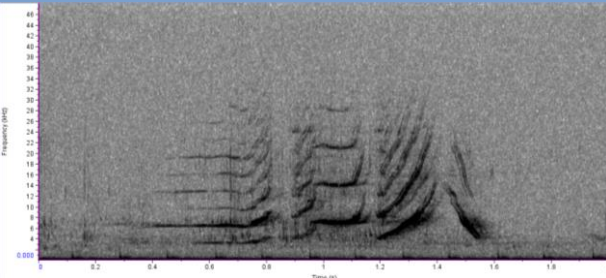
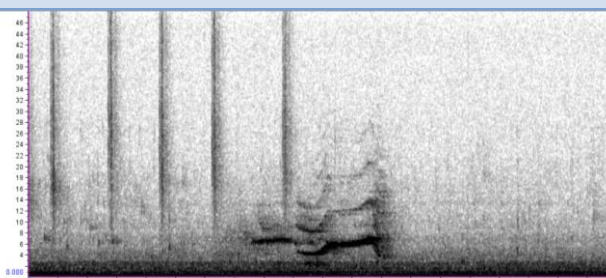
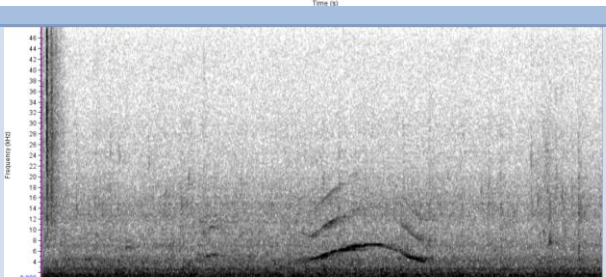
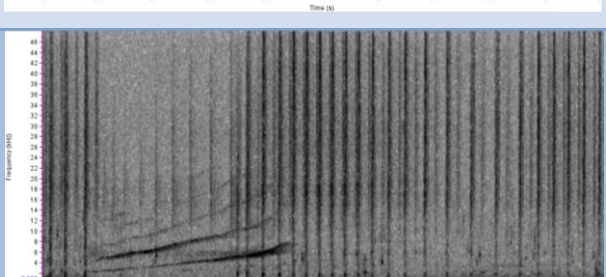


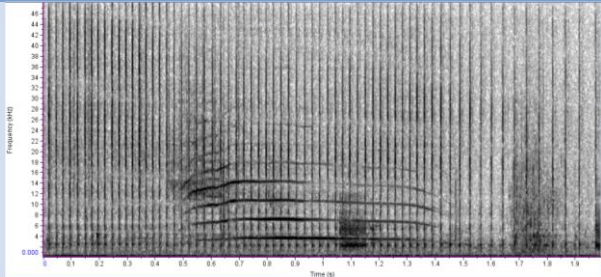
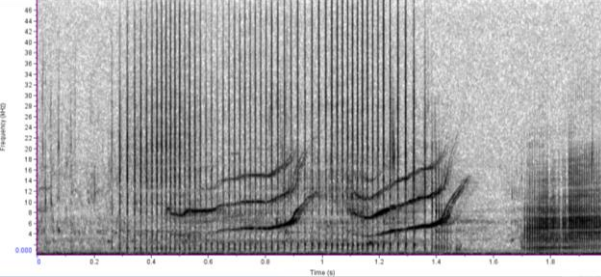
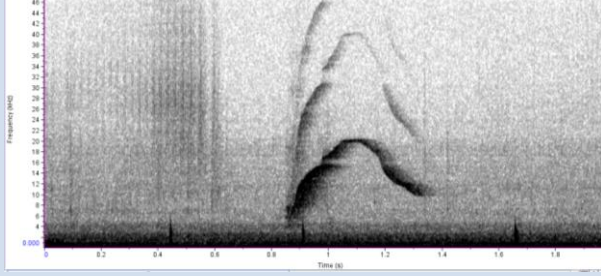
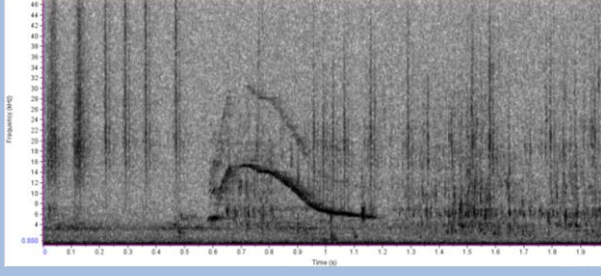
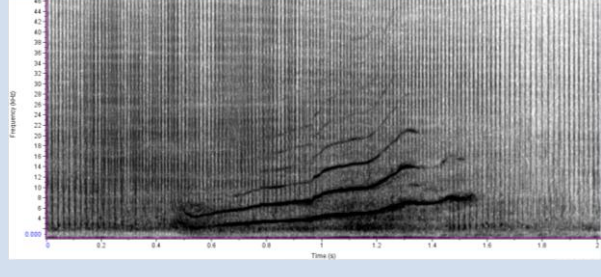
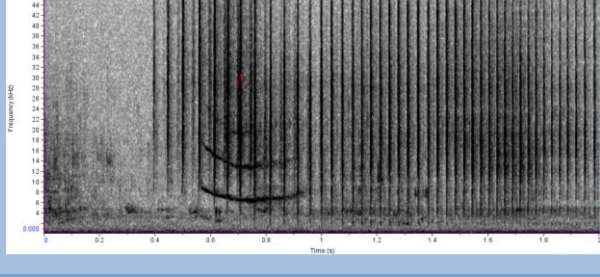
Figura 23. – Gráfico de barras representativo dos valores médios \pm SEM do número de assobios/minuto emitidos por indivíduo, em função do contexto social dos animais da “Lagoa Azul”.

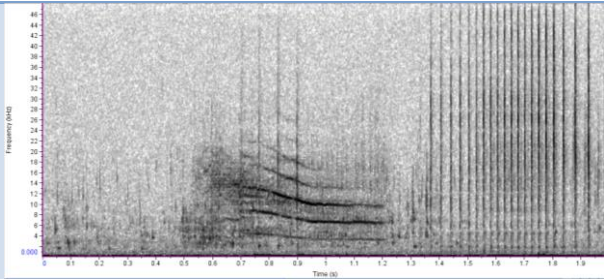
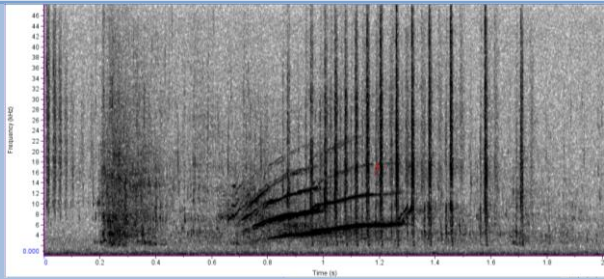
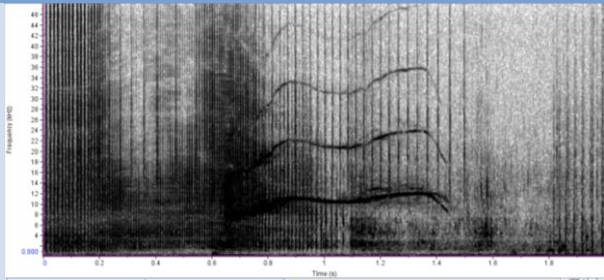
4.2.2.7 Categorização dos perfis de modulação de frequência dos assobios emitidos pelos indivíduos do “Delfinário”

Das 6 amostragens realizadas neste tanque, foram seleccionados para análise 158 assobios. Como anteriormente, a partir destes, foram inventariadas categorias de perfis de modulação de frequência estereotipados, onde foram agrupados assobios com perfis identificados repetidamente em várias ocorrências. Através da inspecção visual minuciosa dos sonogramas produzidos para cada assobio, foi possível agrupar 105 assobios em 14 categorias de perfil (Tabela 9). Os restantes assobios foram considerados “indeterminados” por apresentarem baixa representatividade na amostra ou por não se enquadrarem em nenhuma das categorias de perfil estabelecidas.

Tabela 9 - Sonogramas representativos dos perfis de modulação de frequência dos assobios estereotipados dos golfinhos-roazes do "Delfinário" e respectivas percentagens de ocorrência.

Sonograma	Categoria de Perfil	Ocorrências
	PE	N=25 23,8 %
	WA	N=16 15,2 %
	CB	N=14 13,3 %
	RT	N=14 13,3 %
	PC	N=11 10,5 %

	VP	N=10 9,5 %
	TC	N=5 4,8 %
	AA	N=2 1,9 %
	ES	N=2 1,9 %
	SM	N=2 1,9 %
	BL	N=1 1,0 %

	DR	N=1 1,0 %
	DS	N=1 1,0 %
	OC	N=1 1,0 %

Das 14 categorias de perfis de modulação de frequência identificadas nas amostragens da díade mãe-cria, 12 são comuns às dos indivíduos da “Lagoa Azul”, tendo sido identificadas 2 novas categorias de assobios estereotipados: CB e RT. Os perfis de modulação de frequência com maior representatividade foram as categorias PE (23,8 %), WA (15,2 %), CB (13,3 %), RT (13,3 %), PC (10,5 %) e VP (9,5 %). É de salientar a notável associação estabelecida entre as duas novas categorias de perfil e os animais deste tanque, não esquecendo a categoria PE que ganha uma maior expressividade quando comparada com a sua proporção no repertório vocal dos animais da “Lagoa Azul” (0,1 %). As restantes três categorias foram igualmente representadas em proporções semelhantes às dos outros animais. As médias dos parâmetros acústicos analisados para as várias categorias de assobios estereotipados encontram-se listadas na Tabela 10.

Analisando a Tabela 10, verifica-se que os valores médios mais baixos e mais elevados para os diferentes parâmetros acústicos, contrariamente aos dos animais da “Lagoa Azul”, se encontram distribuídos por poucas categorias.

Tabela 10 - Valores médios de parâmetros acústicos (frequências e duração) das 14 categorias de assobios estereotipados emitidos pelos animais do “Delfinário”. Valores mínimos de cada parâmetro assinalados a rosa e valores máximos a azul.

Categorias de Perfil dos Assobios	Frequência Inicial (kHz)	Frequência Final (kHz)	Frequência Mínima (kHz)	Frequência Máxima (kHz)	Amplitude de Frequência (kHz)	Pico de Frequência (kHz)	Duração (s)
AA	4,38	7,83	4,38	18,37	13,99	11,63	0,49
BL	4,35	5,59	3,17	5,59	2,41	4,13	0,71
CB	4,92	7,74	4,12	9,36	5,23	6,86	0,90
DR	4,09	3,37	3,37	6,67	3,30	3,94	0,86
DS	1,92	14,81	1,92	14,81	12,89	3,75	0,41
ES	7,05	6,56	6,56	15,10	8,54	13,97	0,72
OC	5,41	11,92	5,41	12,58	7,17	5,44	0,97
PC	4,31	7,80	4,31	7,80	3,49	5,08	0,45
PE	4,39	4,83	3,94	7,87	3,93	5,81	1,01
RT	4,65	4,69	3,87	8,36	4,50	6,30	0,58
SM	5,21	11,80	5,21	11,80	6,60	8,06	0,95
TC	3,15	12,89	3,15	14,33	10,79	7,39	1,20
VP	7,33	9,34	6,78	10,54	3,76	9,02	0,81
WA	3,26	9,69	3,23	10,01	6,77	5,74	0,69

A categoria AA apresenta os valores de frequência máxima e de amplitude de frequência mais altos. Os valores mais elevados para a frequência inicial e a frequência mínima pertencem à categoria VP. A categoria DS possui o maior valor de frequência final, e a categoria ES o maior valor de pico de frequência. No que toca aos valores médios mais baixos, observa-se que a categoria BL apresenta menores valores de frequência máxima e de amplitude de frequência, e que a frequência final mais baixa pertence à categoria DR. Os valores mais baixos para a frequência inicial, a frequência mínima e o pico de frequência pertencem à categoria DS, assim como o valor médio de menor duração (0,409 s). A categoria de perfil com maior duração em média é a TC com 1,199 s, no entanto, este perfil estereotipado é apenas representado por assobios compostos por 2 *loops*. Na verdade, o assobio mais longo analisado pertence à categoria PE e alcança os 2,138 s, sendo contudo formado por 3 *loops*. Em absoluto, o assobio uni-*loop* mais longo com 1,324 s pertence à categoria SM, e o mais curto à categoria RT com 0,324 s.

De entre as 14 categorias de perfis analisadas, verifica-se que em metade ocorrem apenas assobios uni-*loop*, enquanto as restantes apresentam assobios com séries de *loops*. As categorias de perfil BL, DR, DS, ES, OC, PC e SM são exclusivamente compostas por assobios uni-*loop*, o que vai de encontro ao registado para os assobios analisados para os animais da “Lagoa Azul” na sua maioria. Os restantes perfis de assobios, para além de possuírem ocorrências uni-*loop* são também compostos por assobios com *loops* múltiplos, à excepção das categorias CB e TC que reúnem apenas ocorrências multi-*loop*. A categoria CB apresentou a maior variação de número de *loops*, assim como o valor máximo observado: 5 *loops*. Mais uma vez, verificou-se que assobios uni-*loop* foram os mais comuns, representando cerca de 57,1 % de todos os assobios estereotipados. Assobios multi-*loop* compostos por 2 ou 3 *loops* foram também significativos (28,6 % e 10,5 %, respectivamente).

4.2.3.3 Comparação das taxas de emissão das várias vocalizações emitidas pelos indivíduos do “Delfinário” em horários distintos

De forma a comparar a taxa de emissão de todas as vocalizações emitidas pela Luna e pelo Bio entre amostragens realizadas no período diurno e amostragens realizadas no período nocturno, realizaram-se dois testes estatísticos diferentes. As taxas de emissão dos assobios ($t(4) = -0,018$; $p=0,987$; $N=6$), dos chorincos ($t(4) = 1,992$; $p=0,117$; $N=6$), dos gemidos ($t(4) = 2,034$; $p=0,112$; $N=6$), dos rangidos ($t(4) = 1,478$; $p=0,214$; $N=6$), dos trens de cliques ($t(4) = 1,893$; $p=0,131$; $N=6$) e dos trens de taxa variável ($t(4) = 1,382$; $p=0,239$; $N=6$) foram submetidas à análise *t*-Student, não se tendo obtido diferenças significativas para nenhuma. Para as restantes taxas de emissão: grunhidos ($U=4,000$; $p=0,796$; $N=6$), guinchos ($U=2,500$; $p=0,369$; $N=6$), rangidos graves ($U=5,000$; $p=0,825$; $N=6$) e zumbidos ($U=4,000$; $p=0,825$; $N=6$), recorreu-se ao teste não paramétrico de Mann-Whitney, não se obtendo, novamente, diferenças significativas para nenhuma.

5. DISCUSSÃO

Este projecto pretendeu focar-se em aspectos relacionados com o comportamento e a emissão de assobios de golfinhos-roazes em cativeiro. É importante ressaltar que devem ser consideradas diversas limitações quando se interpretam os resultados obtidos, uma vez que, devido às características únicas dos tanques e do seu efeito sobre estes animais, lhes são impostos constrangimentos físicos, ecológicos e comportamentais. A falta de estímulos, fortemente presentes em meio natural, pode alterar o seu repertório comportamental e acústico, levando a uma diminuição de comportamentos e sons associados, por exemplo, à busca de presas e à alimentação, assim como à exclusão e amplificação de outros padrões de actividade e comunicação.

É também de assinalar que, apesar de terem sido feitos esforços no sentido de minimizar possíveis alterações de comportamento dos animais durante as amostragens, a resposta de aproximação ao hidrofone é impossível de evitar ou controlar. A presença de uma rede de protecção do receptor acústico diminui a aproximação dos animais, estando, no entanto, associada a um posterior afastamento da zona e perda de interesse, em alguns casos.

O facto de o tanque “Lagoa Azul” ser composto por vários compartimentos separados por comportas não garantiu o isolamento acústico necessário para atribuir todos os sons recolhidos ao animal separado do restante grupo. Desta forma, apenas foram utilizados, em determinados testes estatísticos, assobios associados ao emissor isolado com elevado nível de confiança, o que se obteve através de dois aspectos: a aproximação do animal ao hidrofone durante a amostragem e a intensidade relativa dos assobios emitidos.

5.1 Aspectos comportamentais e repertório vocal

O etograma elaborado em função das observações feitas durante todas as amostragens registou comportamentos anteriormente referidos tanto para golfinhos em cativeiro (Galhardo, 1993) como em meio natural (Müller *et al.*, 1998). A

Deslocação foi o padrão comportamental mais observado, caracterizando-se essencialmente por uma natação lenta a média contínua dos golfinhos, o que poderá ser interpretado como um comportamento estereotipado. No entanto, uma vez que tende a abranger toda a área disponível no tanque, poderá representar a distância máxima disponível para animais naturalmente activos (Greenwood, 1977). Em termos estatísticos, este comportamento é usualmente descrito como a actividade mais frequente tanto em cativeiro como em meio natural (Silva, 1998). *Jogo e Comportamentos Exploratórios* encontram-se maioritariamente associados a alterações de comportamentos “naturais” derivadas da presença do hidrofone na água, e caracterizadas pela aproximação ao objecto e movimentos de cabeça na sua direcção, pelo que a sua representação tenha sido significativa e considerada. Verificou-se que este tipo de comportamento foi mais recorrente nos indivíduos sub-adultos e na cria. O *Repouso* e *Comportamentos Aéreos* poderão estar associados a uma resposta positiva à ausência da necessidade de procurar alimento e de manter a vigilância contra perigos naturais, sendo também um factor fundamental no bem-estar dos golfinhos em cativeiro (dos Santos, 1993).

Todos os elementos vocais registados fazem parte do repertório acústico descrito para esta espécie, tanto em cativeiro (Silva, 1998) como em meio natural (dos Santos, 1998). Uma vez que este projecto não pretendeu focar-se em todas as vocalizações mas sim nos assobios, apenas foi feita uma análise quantitativa destes sons. A considerável utilização dos trens de cliques de ecolocalização poderá ser explicada pela detecção e inspecção do hidrofone dentro do tanque, sendo que em muitas ocasiões foram registados assobios emitidos simultaneamente com trens de cliques. Não obstante, estes sinais são uma constante nos espécimes de golfinhos em cativeiro, assim como em meio natural (Lilly, 1967; Au, 1993). Os assobios foram a segunda vocalização mais comum, tendo sido emitidos em todas as amostragens em menor ou maior quantidade, sendo que um conjunto de 2358 sinais é indicativo da importância desta vocalização na expressão de emoções e na transmissão de informação para esta espécie, quer estejam isolados ou em grupo. A produção de vários sons pulsados, para além dos trens de cliques, ocupou uma fatia menor no total de emissões dos animais. Segundo vários autores, este tipo de vocalizações ocorre em situações comportamentais variadas, pelo que existem explicações alternativas para as suas possíveis funções. Dawson (1991) afirma que estes trens de elevada taxa de repetição podem ser utilizados com função sensorial, na inspecção detalhada de objectos, sendo que permitirão definir detalhes mais finos ao investigar um alvo mais próximo. No entanto, durante a emissão destes sinais, os golfinhos não teriam

tempo de receber e processar o eco de cada clique antes da emissão do seguinte (Au, 1993), pelo que lhes é atribuída uma função de carácter comunicativo em vez de sonar.

5.2 Parâmetros dos assobios e categorização de perfis de modulação de frequência

Duma amostra de 2358 assobios foram analisados 1185, de acordo com os critérios previamente estabelecidos. 1027 foram emitidos pelos indivíduos da “Lagoa Azul” e 158 pela díade do “Delfinário”. A análise quantitativa foi feita com base em parâmetros acústicos como as frequências inicial, final, máxima, mínima, o pico de frequência, a duração e o número de *loops* (Tyack, 1991), tendo-se verificado que estes sinais são emitidos em média num intervalo de frequências compreendido entre os 3,9 kHz e os 9,7 kHz. De um modo geral, esta é a banda típica destes sinais para esta espécie (Caldwell *et al.*, 1990), no entanto, comparando com a população selvagem do Sado, cuja banda se situa entre os 5 kHz e os 15 kHz (dos Santos, 1998) torna-se implícita a plasticidade e adaptação destes animais face às condições dos seus habitats. A população do Sado, face a um ambiente ruidoso proveniente de uma área industrial e com embarcações, terá eventualmente optado por uma estratégia adaptativa na qual os sinais produzidos terão de compensar o alto nível de mascaramento de sons.

A existência de uma correlação positiva muito forte entre a frequência inicial e a mínima e de uma correlação forte entre a frequência final e a máxima, aponta para uma tendência de modulação ascendente, também verificada por diversos autores (Tyack, 1986; dos Santos, 1998; Díaz López, 2011), e que se confirma em várias categorias de perfis encontradas neste estudo. Através da inspecção visual minuciosa dos sonogramas produzidos, 885 assobios foram agrupados em 24 categorias de perfis estereotipados, representativos do repertório de assobios dos golfinhos-roazes do Zoomarine. Os seis indivíduos da “Lagoa Azul” emitiram assobios pertencentes a 22 categorias, e os dois indivíduos do “Delfinário” a 14. 12 categorias foram comuns aos oito golfinhos, o que pode ser justificado pelos graus de parentesco estabelecidos entre eles, sendo que todos são descendentes de animais encontrados anterior ou actualmente no “Delfinário”. Para além disso, todas as crias permanecem junto das

respectivas mães pelo menos até aos 2 anos de idade e os golfinhos rodam várias vezes entre os diversos tanques. Ora, estudos anteriores sugerem que o repertório acústico dos golfinhos é adquirido através da aprendizagem e da imitação de vocalizações, nomeadamente quando se encontram ainda em fase juvenil (Caldwell & Caldwell, 1972; Richards *et al.*, 1984; Janik & Slater, 1998). Uma relativa estabilidade destes sinais pode ainda ser corroborada pela existência de 3 categorias de perfil presentes neste estudos e num estudo anterior (Narine, 2010), sendo que Sayhigh *et al.* (1990) registaram que determinados assobios (referidos como assobios-assinatura) permaneceram estáveis por mais de 12 anos entre mães e crias da população de golfinhos-roazes selvagens de Sarasota, Flórida.

Das 24 categorias de perfis, apenas 8 são compostas somente por assobios *uni-loop*, o que indica que a maioria das categorias tende a ser emitida em sequências *multi-loop*. Caldwell *et al.* (1990) afirmaram que um golfinho localiza mais facilmente sons puros de 5 s do que de 1 s, evidenciando que assobios mais longos, como são os *multi-loop*, poderão transmitir uma informação contínua na localização dos animais e na expressão de emoções. Todavia, há que salientar que 66,8 % dos assobios emitidos pelos animais da “Lagoa Azul” e 57,1 % emitidos pelos do “Delfinário” foram assobios *uni-loop*, sugerindo que estes animais, apesar de exibirem assobios complexos, não sentem necessidade de os emitir recorrentemente, talvez como consequência de um ambiente confinado e da proximidade aos restantes indivíduos. Em concordância com as elevadas percentagens de assobios *uni-loop* emitidos está a percentagem de 83,4 % de assobios com duração inferior a 1 s.

5.3 Hipótese do assobio-assinatura

Segundo Caldwell *et al.* (1990) e Sayhigh *et al.* (2007), quando isolados, os golfinhos produzem assobios-assinatura que representam mais de 90 % do total de assobios emitidos por estes animais em isolamento. No estudo desenvolvido com os animais da “Lagoa Azul”, dado o elevado número de categorias obtidas e as suas percentagens de ocorrência para cada um dos indivíduos, os resultados não estão de acordo com esta perspectiva. Não só se verificou a proeminência de seis categorias emitidas por todos os emissores, como estas foram ainda as mais representadas no repertório global de assobios destes animais. Para além disso, encontraram-se poucas

relações significativas entre as várias categorias e os indivíduos, sendo que muitas delas consideraram um número bastante reduzido de assobios estereotipados. É importante recordar que os golfinhos-roazes possuem a capacidade de copiar e imitar assobios-assinatura dos seus companheiros, provavelmente como identificação dos seus emissores (Richards *et al.*, 1984; Tyack, 1986), sendo possível essa interpretação para os dados obtidos.

O caso mais interessante deste estudo foi o da categoria de perfil LS, apenas emitida pelo Apollo e pelo Hugo. Segundo o método SIGID (Janik *et al.*, 2013), esta categoria poderia ser considerada um assobio-assinatura tanto para um animal como para o outro, no entanto, dada a diferença no número de ocorrências (43 e 8) e percentagens (38,4 % e 24,2 %) face ao repertório individual total, o Hugo deverá ser excluído dessa hipótese. Para além disso, resultados obtidos por Narine (2010) também associam esta categoria de perfil como assobio-assinatura ao Apollo. Apesar de ser uma percentagem significativa, é de notar que o Hugo foi o animal que menos assobios emitiu, não esquecendo também a probabilidade de estarmos perante um caso de imitação do assobio-assinatura.

Excluindo a Alpha, os restantes indivíduos obtiveram valores acima dos esperados para, pelo menos, duas categorias de perfil, o que se apresenta compatível em termos gerais com o paradigma do assobio-assinatura. Contudo, é de lembrar que este é um grupo pequeno de animais que se encontra num mesmo tanque e que está habituado a rodar, diariamente, de compartimentos, isolados ou em grupo, não necessitando, como já foi referido, de adoptar estratégias de coesão e manutenção, função esta associada aos assobios-assinatura.

Apesar de não ser possível associar as várias categorias estereotipadas a cada um dos animais do “Delfinário”, uma vez que, em todas as gravações, ambos estiveram presentes, é de notar a considerável proporção das duas categorias exclusivas desta díade, assim como da categoria PE, fracamente representada na “Lagoa Azul”.

5.4 Padrões de emissão dos assobios e restantes vocalizações

A influência do comportamento na emissão das categorias de perfil inventariadas foi testada, não se obtendo quaisquer diferenças significativas, resultado

aliás em concordância com Silva (1998). Esta autora refere, contudo, que assobios multi-loop aumentam com o aumento da actividade, o que não se verificou neste estudo. O único parâmetro acústico significativamente distinto em função do comportamento exibido foi o pico de frequência, que, aquando de actividades de *Jogo e Comportamentos Exploratórios* e de *Repouso*, atingiu níveis superiores aos dos assobios emitidos durante a *Deslocação*. Como referido acima, a primeira actividade encontra-se maioritariamente associada a aproximações com interesse dos indivíduos ao hidrofone, pelo que a intensidade dos assobios seja esperada como mais elevada do que o normal, uma vez que se encontram face a um objecto estranho.

Sayhigh *et al.* (1995) demonstraram em golfinhos-roazes selvagens que as crias fêmeas produzem assobios com uma modulação de frequência diferente dos da sua mãe, resultado este contrário ao dos machos cujo grau de similaridade era superior. A explicação deste facto recaiu sobre a organização social desta espécie, uma vez que as fêmeas, ao permanecerem toda a vida em grupo junto das suas progenitoras, beneficiam se emitirem assobios distintos, algo que não se verifica com a situação dos machos. No entanto, a análise de variações de parâmetros acústicos é um assunto por explorar. Neste estudo, verificou-se que os machos apresentaram valores superiores aos das fêmeas no que toca à frequência máxima, à amplitude de frequência, à duração e ao número de *loops*. Estes resultados podem sugerir a existência de algum tipo de influência do tamanho e do peso do animal na emissão do assobios, sendo que os machos são na maioria maiores e mais pesados que as fêmeas. O facto de possuírem uma caixa respiratória mais larga, assim como mais massa muscular, poderá contribuir para um melhor controlo da passagem de ar pelos lábios fónicos, afectando determinados parâmetros acústicos dos assobios. Estes verificaram-se, no entanto, ser independentes da faixa etária.

Analysaram-se também as taxas de emissão em função destes dois parâmetros. Relativamente ao sexo, não foram obtidas diferenças estatísticas. No que toca às três classes etárias, obteve-se uma diferença superior ao dobro entre a taxa de emissão dos sub-adultos e a dos adultos, que poderá estar relacionada com o facto dos animais sub-adultos não terem ainda atingido a maturidade, exibindo consequentemente comportamentos de maior excitação e agitação, o que está em concordância com as observações comportamentais registadas para estes animais.

Ainda na “Lagoa Azul” foram realizadas amostragens com indivíduos isolados e agrupados, tendo como objectivo verificar possíveis diferenças nas taxas de emissão de assobios por golfinho em função do contexto social. Intuitivamente, poderia supor-

se que a produção destes sinais tenderia a crescer com o aumento do número de animais presentes no grupo. No entanto, demonstrou-se a situação contrária com uma diferença superior ao dobro no número de assobios emitidos por minuto. Este resultado sugere que, uma vez em contacto visual e físico com outros animais do mesmo grupo no mesmo espaço, a emissão de assobios se torna secundária na transmissão de emoções e informação.

A díade mãe-cria permitiu a utilização de todas as vocalizações registadas em análises de comparação de taxas de emissão em horários distintos. O tanque “Maternidade”, incluído no complexo “Delfinário”, garantiu um isolamento acústico favorável à atribuição de todos os sons somente aos indivíduos em amostragem. No entanto, o número reduzido de amostras de dia e de noite parece ter sido condicionante nos resultados pouco significativos obtidos. Não obstante, segundo este estudo não se verificam diferenças na emissão das várias vocalizações consoante a hora do dia.

5.5 Considerações finais

Perspectivas futuras incluem a certificação de que todos os registos acústicos são provenientes dos emissores em amostragem, o que se pode resolver com a utilização de tanques acusticamente isolados ou, numa mesma situação, com a técnica de triangulação para a determinação da direcção de origem dos sinais ou outras tecnologias de identificação do emissor. Em continuação deste trabalho, seria importante prosseguir com uma investigação mais completa em torno das emissões de assobios e outras vocalizações em horários distintos, sendo também interessante reportar as variações do repertório acústico destes animais em função do seu ciclo circadiano. A utilização de uma amostra de indivíduos mais larga no seguimento dos resultados obtidos para as diferenças dos assobios em função do sexo e da faixa etária, poderá ser uma fonte de experiências interessantes, tanto em cativeiro como na natureza. De um modo geral, será sem dúvida pela geração e análise de vocalizações subaquáticas (assobios e outras) dos golfinhos de grupos e populações diversas, tanto em cativeiro como em comportamento natural, que poderemos esperar o esclarecimento de questões biocomportamentais suscitadas pela sua utilização dos sinais acústicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ansmann, I.C. (2005). The whistles repertoire and acoustic behavior of short-beaked common dolphins, *Delphinus delphis*, around the British Isles with applications for acoustic surveying. Master Thesis in Marine Mammal Science, University of Wales, Bangor, 100 pp.
- Au, W.W.L. (1993). *The Sonar of Dolphins*. Springer-Verlag, New York Inc, 297 pp.
- Au, W.W.L. & Hastings, M.C. (2008). *Principles of Marine Bioacoustics*. Springer Science, BusinessMedia, New York.
- Au, W.W.L. & Moore, P.W.B. (1984). Receiving beam patterns and directivity indices of the atlantic bottlenose dolphin *Tursiops truncatus*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 75 (1): 255-262 pp.
- Bazúa-Durán, C. & Au, W.W.L. (2004). Geographic variations in the whistles of spinner dolphins (*Stenella longirostris*) of the Main Hawai'ian Islands. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116 (6): 3757-3769 pp.
- Buckstaff, C. (2004). Effects of boats on dolphin vocal behavior. *Marine Mammal Science*, 20: 709-725 pp.
- Caldwell, M.C. & Caldwell, D.K. (1965). Individualized whistle contours in bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Science*, 207: 434-435 pp.
- Caldwell, M.C. & Caldwell, D.K. (1967). Intraspecific transfer of information via the pulsed sound in captive odontocete cetaceans. In Busnel R.G. (Eds.) *Animal Sonar Systems*. Laboratoire de Physiologie Acoustique, Jouy-en Josas, France, 2: 879-936 pp.
- Caldwell, D.K. & Caldwell, M.C. (1972). The world of the bottlenosed dolphin. Lippincott Cos, Philadelphia. In Mann J.; Connor, R.C.; Tyack, P.L. & Whitehead, H. (Eds.) *Cetacean Societies: Field Studies of Dolphins and Whales*. The University of Chicago Press, Chicago, 406 pp.
- Caldwell, D.K. & Caldwell, M.C. (1979). The Whistles of the atlantic bottlenosed dolphin (*Tursiops truncatus*): ontogeny. In Winn, H.E. & Olla, B.L. (Eds.) *The Behavior of Marine Animals, Vol.3, Cetaceans*. Plenum Press, New York, 369-401 pp.

- Caldwell, M.C.; Caldwell, D.K. & Tyack P. (1990). Review of the signature-whistle hypothesis for the atlantic bottlenose dolphin. Leatherwood S. & Reeves R.R (Eds.) *The Bottlenose Dolphin*. Academic Press, San Diego, 199-234 pp.
- Connor, R.; Wells, R.S.; Mann J. & Read, A.J. (2000). The bottlenose dolphin: social relationship in a fission-fusion society. *In* Mann, J., Connor, R.C., Tyack, L.P., Whitehead, H. (Eds). *Cetaceans Societies: Field Studies of Dolphins and Whales*. The University of Chicago Press, Chicago, 91-126 pp.
- Cook, M.L.H.; Sayigh, L.S.; Blum, J.E. & Wells, R.S. (2004). Signature-whistle production in undisturbed free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Proc. R. S. Lond*, 271: 1043-1049 pp.
- Cranford, T.W.; Amundi, M. & Norris, K.S. (1996). Functional morphology and homology in the odontocete nasal complex: implications for sound generation. *Journal of Morphology*, 228: 223-285 pp.
- Dawson, S.M. (1991). Clicks and communications: the behavioral and social contexts of Hector's dolphin vocalizations. *Ethology*, 8: 265-276 pp.
- Díaz López, B. (2011). Whistle characteristics in free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mediterranean Sea: influence of behaviour. *Mammalian Biology*, 76: 180-189 pp.
- Dormer, K.J. (1979). Mechanisms of sound production and air recycling in delphinids: cineradiographic evidence. *Journal of the Acoustical Society of America*, 65: 229-239.
- dos Santos, M.E; (1993). Estudo bio-acústico preliminar do golfinho-roaz (*Tursiops truncatus*) na região do Sado. Dissertação no Âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, ISPA, Coleção Teses. 101 pp.
- dos Santos, M.E. (1998). Golfinhos-roazes do Sado: estudos de sons e comportamentos. ISPA, Coleção Teses, Lisboa, 279 pp.
- dos Santos, M. E.; Ferreira, A.J. & Harzen, S. (1995). Rhythmic Sound Sequences Emitted by Aroused Bottlenose Dolphins in the Sado Estuary, Portugal. *In* Kastelein, R.A.; Thomas, J.A. & Nachtigall, P.E. (Eds.) *Sensory Systems of Aquatic Mammals*. De Spil Publishers, Woerden, The Netherlands, 325- 335 pp.

- dos Santos, M.E., Louro, S., Couchinho, M. & Brito, C. (2005). Whistles of bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*), in the Sado estuary, Portugal, characteristics, production rates, long-term contour stability. *Aquatic Mammals*, 31 (4): 453-462 pp.
- dos Santos, M.E.; Coniglione C. & Louro S. (2007). Feeding behavior of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, in Sado estuary, Portugal, and review of its prey species. *Revista Brasileira Zoociências*, 9 (1): 31-40 pp.
- Galhardo, M.I.S (1993). Behaviour of bottlenose dolphins in two delphinaria. Dissertação no Âmbito do Mestrado de Comportamento Animal Aplicado e Bem-estar. Universidade de Edimburgo, 91 pp.
- Greenwood, A.G. (1977). A stereotyped behavior pattern in dolphins. *Aquatic Mammals*, 5: 5-17 pp.
- Hanson, M.T. & Defran, R.H. (1993). The behaviour and feeding ecology of the Pacific coast bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*. *Aquatic Mammals*, 19 (3) 127-142 pp.
- Hemila, S.; Nummela, S. & Reuter, T. (1999). A model of the odontocete middle ear. *Hearing Research*, 133: 82-97 pp.
- Herzing, D.L (1996). Vocalizations and associated underwater behavior of free-ranging atlantic spotted dolphins, *Stenella frontalis* and bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Aquatic Mammals*, 22 (2): 61-79 pp.
- Herzing, D.L. (2000). Acoustics and social behavior of wild dolphins: implications for a sound society. In Au, W.W.L, Popper, A.N. & Fay, R.E. (Eds.) *Hearing by Whales and Dolphins*. Springer Press, London.
- Janik, V.M. (1999). Pitfalls in the categorization of behaviour: a comparison of dolphin whistle classification methods. *Animal Behaviour*, 57 (1): 133-143 pp.
- Janik, V.M. & Slater, P. (1998). Context-specific use suggests that bottlenose dolphin signature whistles are cohesion calls. *Animal Behaviour*, 56 (4): 829-838 pp.
- Janik, V.M.; King, S.L; Sayhigh, L.S. & Wells, R.S. (2013). Identifying signature whistles from recordings of groups of unrestrained bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*). *Marine Mammal Science*, 29 (1): 109-122 pp.

- Johnson, C.S. (1967). Sound detection thresholds in marine mammals. *In* Tavalga, W.N. (Eds.) *Marine Bioacoustics*. Pergamon, Oxford, 247-260 pp.
- Ketten, D.R. (1992). The marine mammal ear: specializations for aquatic audition and echolocation. *In* Webster, D.; Fay, R. & Popper, A. (Eds.) *The Evolutionary Biology of Hearing*. Springer-Verlag, 717-750 pp.
- Ketten, D.R. (1998). Marine mammal auditory systems: a summary of audiometric and anatomical data and its implications for underwater acoustic impacts. 74 pp.
- Lammers, M.O.; Au, W.W.L., & Herzing, D.L. (2003). The broadband social acoustic signaling behavior of spinner and spotted dolphins. *Journ. Acoust. Soc. Am.*, 114: 1629-1639 pp.
- Leatherwood, S.L. & Reeves, R.R. (1983). *The Sierra Club Handbook of Whales and Dolphins*. Sierra Club Books, San Francisco.
- Lilly, J.C. (1967). Dolphin vocalization. *In* Darley F.L. (Ed.) *Proc. Conf. on Brain Mechanisms Underlying Speech and Language*. A Symposium held at Princeton, N. J. Grune and Stratton, New York City. 13-20 pp.
- Lusseau, D. (2006). Why do dolphins jump? Interpreting the behavioural repertoire of bottlenose dolphins in doubtful sound, New Zealand. *Behavioural Processes*, 73 (3): 257-265 pp.
- Madsen, P.T.; Lammers, M.; Wisniewska, D. & Beedholm, K. (2013). Nasal sound production in echolocating delphinids (*Tursiops truncatus* and *Pseudorca crassidens*) is dynamic, but unilateral: clicking on the right side and whistling on the left side. *The Journal of Experimental Biology*, 216: 4091-4102 pp.
- McCormick, J.G.; Wever, E.G.; Palin, J. & Ridgway, S.H. (1970). Sound conduction in the dolphin ear. *Journal of Acoustical Society of America*, 48: 1418-1428 pp.
- McCowan, B. (2001). The fallacy of “signature whistles” in bottlenose dolphins: a comparative perspective of “signature information” in animal vocalizations. *Animal Behaviour*, 62 (6): 1151-1162 pp.
- McCowan, B. & Reiss, D. (1995). Quantitative comparison of whistle repertoires from captive adult bottlenose dolphins: a re-evaluation of the signature whistle hypothesis. *Ethology*, 100: 194 – 209 pp.

- Miller, L.J.; Solangi, M. & Kuczaj, S.A. (2010). Seasonal and diurnal patterns of behavior exhibited by atlantic bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Mississippi Sound. *Ethology*, 116 (12): 1126-1137 pp.
- Müller, M.; Boutierea, C.H. & Candelon, N. (1998). Ethogram of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) with special reference to solitary and sociable dolphins. *Vie Milieu*, 48 (2): 89-104 pp.
- Norris, K.S. & Dohl, T.P. (1968). The evolution of acoustic mechanisms in odontocete cetaceans. In Drake, E.T. (Ed.) *Evolution and Environment*. New Haven, Yale University Press, 297-324 pp.
- Nummela, S.; Wägar, T.; Hemila, S. & Reuter, T. (1999). Scaling of the cetacean middle ear. *Hearing Research*, 133: 71-81 pp.
- Reynolds, J.E. III; Wells, R.S. & Eide, S.D. (2000). The bottlenose dolphins: biology and conservation. University Press of Florida, Gainesville, Florida, 289 pp.
- Richards, D.G.; Wolz, J.P. & Herman, L.M. (1984). Vocal mimicry of computer generated sounds and vocal labeling of objects by a bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). *Journal of Comparative Psychology*, 98: 10-28 pp.
- Richardson, W.J.; Greene, C.R.J.; Malme, C.I. & Thomson, D.H. (1995). *Marine Mammals and Noise*. Academic Press, New York.
- Sayigh, L. S.; Tyack, P. L.; Wells, R. S. & Scott, M. D. (1990). Signature whistles of free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*): stability and mother-offspring comparisons. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 26: 247-260 pp.
- Sayigh, L.S.; Tyack, P.L.; Wells, R.S.; Scott, M. D. & Irvine, A. (1995). Sex difference in signature whistle production of free-ranging bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 36: 171-177 pp.
- Sayigh, L. S.; Esch, H. C.; Wells, R. S. & Janik, V. M. (2007). Facts about signature whistles of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*. *Animal Behaviour*, 74 (6): 1631-1642 pp.
- Scott, M. D. & Chivers S. J. (1990). Distribution and herd structure of bottlenose dolphins in the Eastern Tropical Pacific Ocean. In Leatherwood S. & Reeves R.R (Eds.) *The Bottlenose Dolphin*. Academic Press, San Diego, 387-402 pp.

- Sergeant, D.E; Caldwell, D.K. & Caldwell, M.C. (1973). Age, growth and maturity of bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) from Northeast Florida. J. Fish. Res. Bd. Can., 30: 1009-1011 pp.
- Shane, S.H. (1990). Comparison of bottlenose dolphin behavior in Texas and Florida with a critique of methods for studying dolphin behavior. In Leatherwood S. & Reeves R.R. (Eds.), *The Bottlenose Dolphin*. Academic Press, San Diego, 541-588 pp.
- Shane, S.H.; Wells, R.S. & Worsig B.(1986). Ecology, behavior and social organization of the bottlenose dolphin. a review. Marine Mammal Science, 2 (1): 34-63 pp.
- Silva, I.M.F. (1998). Análise dos assobios emitidos por golfinhos-roazes (*Tursiops truncatus*) em cativeiro. ISPA, Coleção Teses, Lisboa, 90 pp.
- Thompson, R.K.R. & Herman, L.M. (1975). Underwater frequency discrimination in the bottlenose dolphin (1-140 kHz) and the human (1-8 kHz). Journal of the Acoustical Society of America, 57: 943-948 pp.
- Tyack, P.L. (1986). Whistle repertoires of two bottlenosed dolphins, *Tursiops truncatus*: mimicry of signature whistles? Behavioral Ecology and Sociobiology, 18 251-257 pp.
- Tyack, P.L. (1991). Use of a telemetry device of two bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, mimicry of signature whistles? Behavioral Ecology and Sociobiology, 18: 251-257 pp.
- Tyack, P.L. (2000). Functional aspects of cetacean communication. In Mann, J., Connor, R.C., Tyack, L.P. & Whitehead, H. (Eds). *Cetaceans Societies: Field Studies of Dolphins and Whales*. The University of Chicago Press, Chicago, 270-307 pp.
- Weaver, A. C. (1987). An ethogram of naturally occurring behavior of bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in Southern California Waters. Master's Thesis, San Diego, State University, 180 pp.
- Wells, R.S. & Scott, M.D. (1999). Bottlenose dolphin *Tursiops truncatus* (Montagu, 1821). In Ridgway, S.H. & Harrison, R. (Eds.) *Handbook of Marine Mammals. Volume 6: The Second Book of Dolphins and the Porpoises*. Academic Press, San Diego, 137-182 pp.

Wells, R.S.; Scott, M.D. & Irvine, A.B. (1987). The social structure of free-ranging bottlenose dolphins. *In* Mann, J., Connor, R.C., Tyack, L.P. & Whitehead, H. (Eds). *Cetaceans Societies: Field Studies of Dolphins and Whales*. The University of Chicago Press, Chicago, 91-126 pp.

ANEXO 1

Etograma descritivo dos vários tipos de comportamentos evidenciados pelos 8 golfinhos-roazes do Zoomarine. As categorias comportamentais utilizadas para análise dos padrões de ocorrência dos assobios encontram-se na vertical. (*Adaptado de Muller *et al.*, 1998)

	Tipos de Comportamento	Descrição
REPOUSO	Repouso à Superfície (RS) <i>Rafting*</i>	Posição estacionária à superfície da água, na qual o animal se encontra imóvel, com o corpo alongado na posição dorsal e a barbatana dorsal fora de água. A barbatana caudal encontra-se submersa, e o rostro raramente é visível.
	Repouso Invertido à Superfície (RIS) <i>Ventral Float*</i>	Posição estacionária à superfície da água, na qual o animal se encontra imóvel na posição ventral, com as barbatanas peitorais e as pontas dos lobos da barbatana caudal fora de água.
	Repouso à Superfície com Cabeça Apoiada no Bordo do Tanque (RBT)	Posição estacionária à superfície da água, na qual o animal se encontra imóvel, com a cabeça apoiada no bordo do tanque. O corpo encontra-se submerso na forma de um arco côncavo com o pedúnculo e a barbatana caudal na vertical.
	Repouso em Profundidade (RP)	Posição estacionária na coluna de água, na qual o animal se encontra imóvel e totalmente submerso com o corpo na posição dorsal.
	Pino (P) <i>Headstand*</i>	Animal imóvel na posição vertical, de cabeça para baixo, totalmente submerso.
DESLOCAÇÃO	Natação Lenta (NL)	Deslocação dianteira do animal na posição dorsal proporcionada pelo movimento da barbatana caudal, a velocidade lenta.
	Natação Média (NM)	Deslocação dianteira do animal na posição dorsal proporcionada pelo movimento da barbatana caudal, a velocidade média.
	Natação Rápida (NR) <i>Skimming*</i>	Deslocação dianteira do animal na posição dorsal proporcionada pelo movimento da barbatana caudal, a velocidade rápida. Ondulação provocada.
	Natação Invertida (NI) <i>Inverted Swim*</i>	Deslocação dianteira do animal na posição ventral proporcionada pelo movimento da barbatana caudal. Habitualmente, a velocidade lenta a média.
	Natação à Superfície (NS) <i>Surface Swim*</i>	Deslocação dianteira do animal proporcionada pelo movimento da barbatana caudal, em que a parte dorsal ou ventral do corpo se encontra à superfície da água.
	Natação em Profundidade (NP) <i>Subsurface Swim*</i>	Deslocação dianteira do animal proporcionada pelo movimento da barbatana caudal, em que o corpo se encontra totalmente submerso.
	Natação em Círculo (NC)	Deslocação dianteira do animal proporcionada pelo movimento da barbatana caudal, em que é percorrido um trajecto circular de diâmetro <3m. Poderá ocorrer no sentido do ponteiro dos relógios (mais comum) ou no sentido contrário (raro).
	Natação em Espiral (NE) <i>Corkscrew Swim*</i>	Rotações repetitivas ao longo do eixo das abcissas durante a deslocação dianteira do animal proporcionada pelo movimento da barbatana caudal. Habitualmente, a velocidade média a rápida.
	Natação com Elevações de Cabeça (NEC) <i>Head Up Swim*</i>	Exposição breve e repetida da cabeça durante a deslocação dianteira do animal na posição dorsal proporcionada pelo movimento da barbatana caudal. Rostro em posição ascendente fora de água.

COMPORTAMENTOS AÉREOS	Golpe de Cabeça Frontal (GCF) <i>Front Head Slap*</i>	Movimento ascendente e descendente da cabeça na posição frontal, em que o animal bate vigorosamente com o rostro contra a superfície da água.
	Golpe de Cabeça Invertido (GCI) <i>Back Head Slap*</i>	Movimento ascendente e descendente da cabeça, em que o animal na posição ventral bate vigorosamente com a região do espiráculo contra a superfície da água.
	Golpe Peitoral (GP) <i>Pectoral Fin Slap*</i>	Contacto repetitivo, rápido e ruidoso entre a barbatana peitoral do animal em posição lateral e a superfície da água.
	Golpe Caudal (GC) <i>Tail Slap*</i>	Contacto vigoroso e ruidoso entre a barbatana caudal do animal e a superfície da água. O animal na posição dorsal eleva a barbatana caudal e/ou o pedúnculo caudal batendo fortemente na superfície da água.
	Golpe Caudal Invertido (GCI) <i>Inverted Tail Slap*</i>	Contacto vigoroso e ruidoso entre a barbatana caudal do animal e a superfície da água. O animal na posição ventral eleva a barbatana caudal e/ou o pedúnculo caudal batendo fortemente na superfície da água.
	Batimento Maxilar (BM) <i>Jaw Clap*</i>	Abertura e fecho das maxilas, associado a um movimento abrupto da cabeça na posição vertical. Produtor de som intenso.
	Subida da Cabeça (SC) <i>Spyhop*</i>	Breve elevação vertical do corpo e exposição da cabeça acima da superfície da água, seguida de submersão total do animal.
	Abertura da Boca (AB) <i>Mouth Open*</i>	Abertura estática das maxilas por determinado período de tempo.
	Agitação da Cabeça (AC) <i>Head Shake*</i>	Movimentos alternados da cabeça, de forma vigorosa.
	Exibição da Caudal / Mergulho (M) <i>Tail Out*</i>	Exposição da barbatana caudal à superfície antes da submersão do corpo em deslocação na posição dorsal: mergulho.
	Salto (S) <i>Leap*</i>	Deslocação dianteira do animal na posição dorsal, no qual o seu corpo, impulsionado pela barbatana caudal, sai totalmente fora de água, reentrando depois a cabeça em primeiro lugar.
	Salto Invertido (SI) <i>Inverted Leap*</i>	Deslocação dianteira do animal na posição ventral, no qual o seu corpo, impulsionado pela barbatana caudal, sai totalmente fora de água, reentrando depois a cabeça em primeiro lugar.
JOGO E COMPORTAMENTO EXPLORATÓRIO	Aproximação ao Hidrofone (AH)	Alteração notável do padrão de comportamento habitual do animal. Aproximação lenta ao objecto estranho dentro do tanque (hidrofone) exibindo movimentos de cabeça associados a curiosidade, ou mesmo repouso perto do objecto.
	Anel de Bolhas (ABS) <i>Bubble Ring*</i>	Produção de bolhas pelo espiráculo, de tal forma que formem um anel à medida que sobem para a superfície. Habitualmente alvo de brincadeira do animal, incluindo mordidelas que provocam a sua separação em pequeninas bolhas.
	Brincadeira com Água na Boca (BAB)	Movimento vertical da cabeça à superfície da água no qual o animal, em posição dorsal ou vertical, mantém a boca aberta fazendo ressaltar água dentro dela.
COMPORTAMENTOS SEXUAIS	Solicitação Sexual (SS)	Exibição de comportamentos sexuais como erecções, contacto físico, cambalhotas conjuntas, etc, entre dois ou mais animais. O animal objecto de solicitação sexual pode exhibir golpes caudais, golpes de cabeça, natações rápidas, etc, como respostas de recusa e afastamento do(s) animal(s) iniciador(s).

INTERACÇÕES SOCIAIS	Contacto à Superfície (CS)	Série de comportamentos agitados que inclui: saltos, natações rápidas, contacto físico, cambalhotas, golpes, etc, entre dois ou mais animais.
	Natação em Fila (NF)	Deslocação dianteira de dois ou mais animais na posição dorsal proporcionada pelo movimento da barbatana caudal, um(s) atrás do outro(s).
	Natação em Paralelo (NP)	Deslocação dianteira de dois ou mais animais na posição dorsal proporcionada pelo movimento da barbatana caudal, lado a lado, com uma distância entre eles <1m.
OUTROS COMPORTAMENTOS	Expiração Forte (EF) <i>Chuffing*</i>	Expiração abrupta e ruidosa, com projecção de vapor até 1m de altura.
	Cambalhota (C)	Movimento rotativo em que o animal totalmente submerso, se dobra sobre si mesmo na vertical, empurrando a cabeça na direcção do ventre.
	Produção de Bolhas (PB) <i>Subsurface Exhalation One Large Bubble/Small Bubble Screen*</i>	Libertação de ar sob a forma de uma corrente de pequenas bolhas pelo espiráculo, ou de uma ou duas bolhas grandes, estando o animal totalmente submerso.
	Roçar numa Superfície (R) <i>Rubbing*</i>	Deslizamento de parte do corpo contra uma superfície sólida.

